

Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik
Deutsche Sporthochschule Köln
Prof. Dr. Daniel Memmert

Auswirkungen unbewusster Verarbeitung unter visueller (Un-)Aufmerksamkeit auf Entscheidungen, Verhalten und Präferenzen

An der Deutschen Sporthochschule Köln
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Naturwissenschaft

angenommene Dissertation

vorgelegt von

Giulia Pugnaghi

Köln 2020

Erster Gutachter: Professor Dr. Daniel Memmert

Zweiter Gutachter: Professor Dr. Henning Gibbons

Vorsitzender des Promotionsausschusses: Professor Dr. Mario Thevis

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Oktober 2020

Eidesstattliche Versicherung gemäß § 7 Absatz 2. Nr. 4 und 5 der Promotionsordnung der Deutschen Sporthochschule Köln vom 20.02.2013:

Hiermit versichere ich: Ich habe diese Arbeit selbstständig und unter Benutzung der angegebenen Quellen und technischen Hilfen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

Weiterhin erkläre ich, dass ich die ‚Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis‘ der Deutschen Sporthochschule Köln eingehalten habe.



.....
Giulia Pugnaghi, Köln, den 15. Oktober 2020

Inhaltsverzeichnis

Würdigung.....	V
Zusammenfassung	VI
Summary.....	VIII
Abbildungsverzeichnis.....	X
Tabellenverzeichnis.....	XI
Auflistung der Publikationen.....	XII
1 Einleitung	1
1.1 Ziele und Forschungsfragen.....	2
1.2 Visuelle Wahrnehmung und Aufmerksamkeit.....	4
1.3 Das Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit.....	5
1.4 Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes.....	7
2 Forschungsfrage I – verbewusste Verarbeitung unentdeckter Objekte bei Unaufmerksamkeitsblindheit	11
2.1 Bisherige Evidenz für die Verarbeitung unentdeckter Reize bei Unaufmerksamkeitsblindheit.....	11
2.2 Forschungsfrage Ia – Auswirkung verbewusster Verarbeitung eines Reizes auf Entscheidungen über dessen Eigenschaften	13
2.2.1 Beantwortung der Forschungsfrage Ia.....	15
2.2.2 Fazit und Ausblick.....	19
2.3 Forschungsfrage Ib - Auswirkungen perzeptueller Belastung auf die verbewusste Verarbeitung unentdeckter Reize	20
2.3.1 Die perzeptuelle Belastungstheorie	20
2.3.2 Beantwortung der Forschungsfrage Ib.....	22
2.3.3 Fazit und Ausblick.....	26

2.4	Forschungsfrage Ic - Auswirkungen vorbewusster Verarbeitung auf die Evaluation des unentdeckten Reizes.....	26
2.4.1	Präferenzen für wiederholt dargebotene Reize - der <i>mere exposure</i> -Effekt.....	27
2.4.2	Beantwortung der Forschungsfrage Ic.....	28
2.4.3	Fazit und Ausblick.....	33
3	Forschungsfrage II – verzerrte visuelle Wahrnehmung durch affektinduzierte lateralisierte Aktivierung.....	35
3.1	Das Phänomen Pseudoneglect.....	35
3.2	Sportpraktische Implikationen des Pseudoneglects	36
3.3	Beantwortung der Forschungsfrage II.....	38
3.4	Fazit und Ausblick.....	39
4	Integration der Befunde und Implikationen.....	41
4.1	Zentrale Befunde der vorliegenden Arbeit.....	41
4.2	(Sport-)Praktische Implikationen der Befunde	42
4.3	Limitationen und Ausblick.....	45
4.4	Forschungsethische Überlegungen.....	48
4.5	Schlussbemerkung.....	50
5	Literatur.....	52
6	Appendix.....	65
	Appendix I: Publikation I	66
	Appendix I: Publikation II.....	67
	Appendix I: Publikation III.....	68
	Appendix I: Publikation IV.....	69
	Lebenslauf.....	70

Würdigung

Zuallererst möchte ich meinem Doktorvater Professor Daniel Memmert danken. Ich danke dir dafür, dass du mir die Chance gegeben hast, in deiner Abteilung zu promovieren, für deinen Rat und deine Unterstützung auf diesem Weg - vielen Dank für dein Vertrauen in mich und meine Arbeit!

Ein besonderer Dank geht auch an meine Mentorin Dr. Carina Kreitz, für deine Unterstützung vom ersten bis zum letzten Tag. Du bist eine beeindruckende Wissenschaftlerin und ich habe viel von dir gelernt. Du warst eine große Bereicherung, sowohl fachlich als auch menschlich.

Danke an euch, liebe Kolleg*innen, für die wunderbare Atmosphäre im Team. Ich hatte die beste Zeit mit euch im Büro und auf unseren vielen Ph.D.-Meetings.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Studierenden, die als Praktikant*innen, studentische Hilfskräfte oder Abschlussarbeitskandidat*innen in meinen Projekten tätig waren oder die an meinen Studien teilgenommen haben.

Danke außerdem an meine Korrekturleser*innen für euren wertvollen Input.

Zum Schluss möchte ich dir, Christian, von ganzen Herzen für deinen emotionalen Support über die ganze Zeit danken. Du bist ein Held.

Ich widme diese Arbeit meiner Mutter und meiner Großmutter, die mir durch ihre uneingeschränkte Unterstützung und Liebe eine akademische Ausbildung überhaupt erst möglich gemacht haben. Nichts davon ist selbstverständlich.

Zusammenfassung

Unsere Umwelt ist unbeschreiblich komplex. Die menschliche Wahrnehmung dieser Umwelt wird durch unsere Aufmerksamkeit strukturiert und ihre Inhalte aufgrund unserer begrenzten Kapazität selektiert: Den im Fokus unserer Aufmerksamkeit liegenden Informationen werden mehr kognitive Ressourcen zuteil als Informationen, die nicht im Fokus unserer Aufmerksamkeit stehen. Dieser Prozess kann mitunter zu Unstimmigkeiten zwischen den gegebenen Bedingungen in unserer Umwelt und unserem Abbild davonführen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit zwei unterschiedlichen Konsequenzen dieser selektiven Verarbeitung.

Im ersten Teil der Synopsis wird die Verarbeitung von Reizen untersucht, die zwar innerhalb unseres Wahrnehmungs- und Blickfeldes liegen, aber aufgrund von Unaufmerksamkeit unentdeckt bleiben, also nicht bewusst wahrgenommen werden. Ein Großteil der Forschung zu Unaufmerksamkeit beschäftigte sich bisher mit den Faktoren, die beeinflussen, ob ein Reiz die Wahrnehmungsschwelle überschreitet oder nicht. Die vorliegende Arbeit hingegen soll die Stärke der Verarbeitung dieser Reize unterhalb der Wahrnehmungsschwelle sowie ihre Auswirkungen auf das Erleben und Verhalten untersuchen. Die durchgeführte Metaanalyse zeigt, dass die durch Unaufmerksamkeit unentdeckten Reize trotzdem so stark verarbeitet werden, dass sie die Entscheidung für bestimmte Reizmerkmale beeinflussen. Auch Reize, die nicht bewusst wahrgenommen werden, weil sie außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus liegen, verursachen ein verhaltensrelevantes Ausmaß mentaler Verarbeitung (Publikation I). Weiterhin zeigt sich in zwei durchgeführten Laborexperimenten, dass die perzeptuelle Belastung der im Aufmerksamkeitsfokus liegenden Reize keinen moderierenden Faktor für die Verarbeitungsstärke unentdeckter Reize darstellt; auch unter hoher perzeptueller Belastung wirken sich Eigenschaften der unentdeckten Reize noch signifikant auf Zielreaktionen aus (Publikation II). Abschließend untersucht eine dritte Studie mit drei Experimenten, ob vorbewusste Verarbeitung, über die in der Metaanalyse bereits gezeigte Beeinflussung des Entscheidungsverhaltens hinaus, auch einen Einfluss auf subjektive Präferenzen haben kann. Die Befunde legen nahe, dass auch eine wiederholte Darbietung und dadurch mehrfache unbewusste Verarbeitung von Reizen keine subjektiven Präferenzen für diese vormals unbekanntten Reize hervorruft (Publikation III).

Die Verzerrung der Wahrnehmung durch Aufmerksamkeitsprozesse ist nicht nur auf die Reize beschränkt, die außerhalb des Fokus unserer Aufmerksamkeit liegen, sondern betrifft auch

diejenigen Reize, die genau im Fokus der Aufmerksamkeit liegen. Die durch die Aufmerksamkeit verstärkte mentale Verarbeitung von Reizen kann zu Verzerrungen in der Wahrnehmung ebendieser Reize führen. Im zweiten Teil der Synopsis wird im Rahmen von drei Experimenten die wahrnehmungsverzerrende Auswirkung affektinduzierter motivationaler Ausrichtung auf Reize innerhalb des Aufmerksamkeitsfokus untersucht. Trotz erfolgreicher Manipulation der motivationalen Orientierung durch emotionale Reize zeigt sich keine verstärkte Verzerrung visueller Wahrnehmung im verwendeten Verhaltensmaß (Publikation IV).

Die im Rahmen der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenspiel von Aufmerksamkeit und Wahrnehmung im Rahmen unbewusster Verarbeitungsprozesse werden vor dem Hintergrund ihrer Limitationen interpretiert, Schlussfolgerungen für die zukünftige Forschung abgeleitet sowie mögliche praktische Implikationen diskutiert.

Summary

Our environment is incredibly complex. Human perception of this environment is structured by our attention and its contents are selected due to our limited capacity: Information within the focus of our attention are allocated more cognitive resources than information that are not within the focus of our attention. This process also leads to inconsistencies between the given conditions in our environment and our image of it. The present work deals with two different consequences of these selective processing mechanisms.

The first part of this synopsis examines the processing of stimuli that are located within our field of perception and vision but remain undetected due to inattention and are therefore not consciously observed. Most of the research on inattention has so far focused on the factors that influence whether or not a stimulus crosses the threshold of awareness. The present work, however, will examine the processing strength of those stimuli that stay below the threshold of awareness and their effects on both experience and behavior. A meta-analysis shows that stimuli which are undetected due to inattention are nevertheless processed to such an extent that they can influence the decision for certain stimulus characteristics. Even stimuli that are not consciously noticed because they are outside the focus of attention result in a behaviorally relevant degree of mental processing (Publication I). Two experiments show that perceptual load of stimuli within our attentional focus is no moderating factor for the processing strength of undiscovered stimuli; even under high perceptual load, undetected stimuli still have a significant effect on target reactions (publication II). Finally, a third study with three experiments investigates whether preconscious processing can have an influence on subjective preferences that goes beyond the influence on decision behavior already shown in the meta-analysis. The findings suggest that even repeated presentation and consequently multiple unconscious processing of stimuli does not induce subjective preferences for these previously unknown stimuli (publication III).

Perceptual biases resulting from attentional processes are not limited to stimuli that are outside the focus of our attention, but also affect those stimuli that fall right in the focus of attention. Increased mental processing of stimuli as a consequence of focused attention can lead to perceptual biases of these stimuli. In the second part of the synopsis, three experiments are looking at visual perceptual biases of stimuli within attentional focus which result from affect-induced motivational orientation. Despite a successful manipulation of motivational orientation by

emotional stimuli, we find no increased visual perceptual bias in the applied behavioral measures (publication IV).

The insights on the interaction of attention and perception within the context of unconscious processing, which were gained in this work are evaluated with respect to their limitations, and conclusions for future research and possible practical implications are drawn.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes (nach Dehaene et al., 2006).....	10
Abbildung 2. Wald-Diagramm der Effektstärken für alle in der Metaanalyse untersuchten Datensätze	19
Abbildung 3. Schematische Darstellung des Unaufmerksamkeitsblindheitsparadigmas zur Untersuchung perzeptueller Belastung	24
Abbildung 4. Schematische Darstellung des Unaufmerksamkeitsblindheitsparadigmas zur Untersuchung des mere exposure-Effekts.	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Publikationen der Autorin	XII
Tabelle 2. Forschungsfragen der Synopsis und für die Beantwortung relevante Publikationen.....	3
Tabelle 3. Zusammenfassende Beantwortung der adressierten Forschungsfragen.....	41

Auflistung der Publikationen

Die Synopsis dieser kumulativen Dissertation beinhaltet eine Metaanalyse und drei Primärstudien. Die Primärstudien umfassen Daten aus acht Experimenten, für die insgesamt über 700 Versuchspersonen erhoben wurden. Alle Manuskripte sind in internationalen Fachzeitschriften publiziert (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1. *Publikationen der Autorin*

Publikationen, die Teil der Synopsis sind:

- I Kreitz, C.*, **Pugnaghi G.***, & Memmert, D. (2020). Guessing Right: Preconscious Processing in Inattentional Blindness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(7), 1055-1065. <https://doi.org/10.1177/1747021820911324> [Impact Factor: 2.5]
*shared first authorship
- II **Pugnaghi, G.**, Memmert, D., & Kreitz, C. (2020). Loads of unconscious processing: The role of perceptual load in processing unexpected stimuli during inattentional blindness. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82, 2641-2651. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-01982-8> [Impact Factor: 1.8]
- III **Pugnaghi, G.**, Memmert, D., & Kreitz, C. (2019). Examining effects of preconscious mere exposure: An inattentional blindness approach. *Consciousness and Cognition*, 75, 102825. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.102825> [Impact Factor: 1.9]
- IV **Pugnaghi, G.**, Schnuerch, R., Gibbons, H., Memmert, D., & Kreitz, C. (2020). The Other End of the Line: Motivational Direction is Not Associated with Line-Bisection Bias. *Swiss Journal of Psychology*, 79(1), 5-14. <https://doi.org/10.1024/1421-0185/a000231> [Impact Factor: 0.7]

Weitere Publikationen, die nicht Bestandteil der Synopsis sind:

- V **Pugnaghi, G.**, Cooper, A., Ettinger, U., & Corr, P. J. (2018). The Psychometric Properties of the German Language Reinforcement Sensitivity Theory-Personality Questionnaire (RST-PQ). *Journal of Individual Differences*, 39, 182-190. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/a000262> [Impact Factor: 1.1]
 - VI Cooper, A. J., Stirling, S., Dawe, S., **Pugnaghi, G.**, & Corr, P. J. (2017). The reinforcement sensitivity theory of personality in children: A new questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 115, 65-69. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.06.028> [Impact Factor: 2.0]
 - VII Seib-Pfeifer, L. E., **Pugnaghi, G.**, Beauducel, A., & Leue, A. (2017). On the replication of factor structures of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). *Personality and Individual Differences*, 107, 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.11.053> [Impact Factor: 2.0]
-

1 Einleitung

Eine Vielzahl von Sinneseindrücken strömt jede Sekunde auf unser Gehirn ein, von denen wir nur einen Bruchteil bewusst wahrnehmen (z. B. Cohen et al., 2015). Unsere Aufmerksamkeit hilft uns zu selektieren, welche Reize in unser Bewusstsein gelangen und welche nicht. In einigen Fällen bestimmen unsere Erwartungen und Ziele, welche Reize im Fokus unserer Aufmerksamkeit stehen. In anderen Fällen wird unsere Aufmerksamkeit aber auch durch Eigenschaften bestimmter Reize von selbst auf diese Reize gezogen (Beck & Kastner, 2009). Die Selektionsfähigkeit der Aufmerksamkeit hilft uns in vielen Situationen, schnell und adaptiv zu handeln. Die limitierte Verarbeitungskapazität führt jedoch auch dazu, dass nicht selten relevante Reize unentdeckt bleiben, obwohl sie sich innerhalb unseres Sichtfeldes befinden (z. B. Mack & Rock, 1998; Shapiro et al., 1997; Simons & Ambinder, 2005). Dies kann mitunter schwerwiegende Konsequenzen haben. Beispielsweise bleiben bei der Untersuchung von Lungenscans, selbst durch erfahrene Mediziner*innen, auch große Abnormalitäten zuweilen unentdeckt (Drew et al., 2013). In realen Situationen können solche Fehler Leben kosten: Beispielsweise im Kontext der Steuerung eines Verkehrsmittels führt eine Ablenkung von Aufmerksamkeitsressourcen dazu, dass unerwartete Signale wie ein Verkehrsverbotsschild womöglich nicht bewusst wahrgenommen und daher übergangen werden (Kennedy & Bliss, 2013). Eine Untersuchung im Flugsimulator zeigt, dass ein bedeutender Anteil der Berufspiloten aufgrund einer Aufmerksamkeitsablenkung durch eine Frontscheibenanzeige sogar ein auf der Landebahn stehendes Flugzeug übersieht und das eigene Flugzeug direkt dorthinein manövriert (Haines, 1991).

Das Übersehen unerwarteter, aber prinzipiell bewusst wahrnehmbarer Objekte innerhalb des Sichtfeldes, wird als Unaufmerksamkeitsblindheit bezeichnet (Mack & Rock, 1998). Das Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit wird in der Forschung größtenteils dichotom gemessen, also über die Abfrage, ob ein Reiz bewusst wahrgenommen wurde oder nicht. Bewusste Wahrnehmung eines Reizes wird also an dessen Verbalisierbarkeit gemessen. Das ‚Nicht-Bewusstsein‘ über einen Reiz kann jedoch nicht mit der ‚Nicht-Verarbeitung‘ eines Reizes gleichgesetzt werden: Nur ein Bruchteil der durch unser Gehirn verarbeiteten Reize gelangt ins Bewusstsein – aber auch die Reize, die unterhalb der Bewusstseinschwelle verbleiben, werden zuweilen, in einem gewissen Ausmaß, verarbeitet (z. B. Bornstein et al., 1987; Dehaene et al., 1998, 2006; Hofmann et al., 2010; Mack et

al., 2002). Derartige vorbewusst verarbeitete Informationen können erheblichen Einfluss auf unsere Entscheidungen und unser Verhalten haben (Lathrop et al., 2011; Mack & Rock, 1998; Schnuerch et al., 2016; Suh & Abrams, 2018). Sensitivere Maße, die über eine rein dichotome Abfrage hinausgehen, erlauben eine Erfassung des Ausmaßes der Verarbeitung unterhalb der Bewusstseinschwelle. Die Betrachtung der Verarbeitungsstärke unterhalb der bewussten Wahrnehmungsschwelle bildet einen wichtigen Forschungsstrang zum Verständnis der Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeit, (un)bewusster Wahrnehmung und assoziiertem Verhalten. Im Alltag sind wir ständig einer Vielzahl von Reizen ausgesetzt, die wir parallel verarbeiten und auf die wir reagieren müssen. Aus diesen Situationen ergeben sich auch eine Reihe alltagsrelevanter Anwendungsfelder für die in dieser Arbeit durchgeführte Grundlagenforschung. Ein besseres Verständnis bewusster und unbewusster Wahrnehmungsprozesse kann beispielsweise im Kontext der Ausgestaltung von Mensch-Maschine-Interaktionen von Nutzen sein. Neben möglichen Anwendungen in der Gestaltung multimodaler Warnsysteme in verschiedenen Verkehrsmitteln sind auch Anwendungen im medizinischen Kontext denkbar: Durch die digitalisierte Auswertung von Gewebeproben könnte möglicherweise Fehlern wie das Übersehen von Abnormalitäten (z. B. tödlicher Tumore) entgegengewirkt werden. Technologischer Fortschritt dieser Art wird stetig fortentwickelt und kann von den Erkenntnissen zu grundlegenden Mechanismen menschlicher Wahrnehmung und Aufmerksamkeit profitieren. Denn nur wenn wir verstehen, welche Faktoren beeinflussen, ob und wenn ja, wie stark wir einen Reiz verarbeiten, können wir die teils unbewussten Verarbeitungsabläufe unseres Wahrnehmungssystems, beispielsweise durch die Optimierung künstlicher Intelligenz im Rahmen technologischen Fortschrittes, unterstützen und nutzbar machen.

1.1 Ziele und Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Grenzen und Möglichkeiten menschlicher Wahrnehmung im Rahmen selektiver visueller Aufmerksamkeit. Zunächst erfolgt eine kurze Einführung relevanter Begrifflichkeiten zur visuellen Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Anschließend werden zwei übergeordnete Forschungsfragen formuliert (siehe Tabelle 2). Diese werden zunächst theoretisch eingebettet und anschließend anhand der für diese Arbeit durchgeführten Studien untersucht und beantwortet.

Die erste für diese Arbeit zentrale Forschungsfrage befasst sich mit der Verarbeitung von Reizen, die aufgrund von Unaufmerksamkeit nicht bewusst wahrgenommen werden. Eine Metaanalyse soll Hinweise dafür liefern, ob aktiv getroffene Auswahlentscheidungen über Charakteristika von Reizen durch ihre vorbewusste Verarbeitung beeinflusst werden können (Forschungsfrage Ia). Anschließend widmet sich eine empirische Studie mit zwei Experimenten dem Einfluss perzeptueller Belastung in einer Primäraufgabe auf die Verarbeitungstiefe unentdeckter Reize (Forschungsfrage Ib). In einer weiteren empirischen Studie mit drei Experimenten wird untersucht, ob das Ausmaß der Verarbeitung unentdeckter Reize ausreichend ist, um auch subjektive Präferenzen für ebendiese zu beeinflussen (Forschungsfrage Ic).

Die zweite Forschungsfrage dieser Arbeit beschäftigt sich nicht mit vorbewusster Verarbeitung unter Unaufmerksamkeit, sondern mit einer Verzerrung der Wahrnehmung im Rahmen fokussierter Aufmerksamkeit, dem *Pseudoneglect*¹ (Bowers & Heilman, 1980). Drei durchgeführte Experimente widmen sich dabei der Frage, ob Verzerrungen in der räumlichen Wahrnehmung in einfachen Verhaltensmaßen (verschiedenen Formen der Linienhalbierungsaufgabe) ein sensibles Maß für die affektinduzierte motivationale Orientierung darstellen.

Nach der Beantwortung der Fragestellungen durch die im Rahmen der Dissertation durchgeführten Studien erfolgt im letzten Teil der Synopsis eine Integration der Ergebnisse. Dieser folgt eine zusammenfassende Diskussion der Limitationen und praktischen Implikationen der vorliegenden Arbeit.

Tabelle 2. *Forschungsfragen der Synopsis und für die Beantwortung relevante Publikationen*

Forschungsfrage	adressiert in
I Auswirkungen und Moderatoren vorbewusst verarbeiteter unentdeckter Reize auf das Erleben und Verhalten.	
a) Beeinflusst die vorbewusste Verarbeitung eines unentdeckten Reizes die Antwortgenauigkeit für bestimmte Charakteristika dieses Reizes?	<i>Metaanalyse in Publikation I</i>

¹ Der Begriff wurde abgeleitet aus der Untersuchung von Patient*innen mit einem hemisphärischen Neglect, der in den meisten Fällen aus Läsionen in der rechten Hemisphäre resultiert. Die Patient*innen zeigen beim Teilen einer visuellen Linie einen rechtsseitigen Fehler: Sie teilen die Linie rechts vom eigentlichen Mittelpunkt und „neglecten“ somit die linke Seite der Linie. Der linksgerichtete Wahrnehmungsverzerrung in der gesunden Population wurde daran angelehnt als *Pseudoneglect* bezeichnet (Bowers & Heilman, 1980)(Bowers & Heilman, 1980).

b)	Ist die Stärke der vorbewussten Verarbeitung eines unentdeckten Reizes durch die allgemeine perzeptuelle Belastung moduliert?	3 Studien in Publikation III
c)	Beeinflusst die vorbewusste Verarbeitung eines unerwarteten Reizes die subjektive Präferenz für diesen Reiz?	2 Studien in Publikation II
II	Beeinflusst die aktuelle affektinduzierte motivationale Orientierung die durch einfache Verhaltensmaße gemessenen Verzerrungen in der räumlichen Wahrnehmung?	3 Studien in Publikation IV

1.2 Visuelle Wahrnehmung und Aufmerksamkeit

Die menschliche Wahrnehmung ermöglicht durch die sensorische Verarbeitung von Reizen in verschiedenen Sinnesmodalitäten ein subjektives Erleben unserer Umwelt und unseres Körpers (Goldstein & Brockmole, 2016). Bedingt durch die Begrenztheit verfügbarer Verarbeitungskapazität ist der Mensch jedoch nicht in der Lage, die schier unendliche Fülle an Details, die ihn umgibt, in Gänze wahrzunehmen und zu verarbeiten (z. B. Cohen et al., 2015; Mack & Rock, 1998). Der Subprozess der Wahrnehmung, der für die Strukturierung des Wahrnehmungsfeldes und die Selektion relevanter Reize zuständig ist, wird als Aufmerksamkeit bezeichnet (siehe z. B. Bridewell & Bello, 2016; Chun et al., 2011). Die limitierte Kapazität menschlicher Verarbeitungsressourcen führt dazu, dass die Informationen in unserer Umwelt miteinander um die Aufmerksamkeit konkurrieren (Duncan, 1984). Der Wettstreit der Informationen wird dabei durch zwei Mechanismen der Aufmerksamkeitsorientierung gelenkt: die endogene beziehungsweise gerichtete Aufmerksamkeitsorientierung (engl. *top-down attention*), bei der die Aufmerksamkeit von den aktuellen Zielen und Erwartungen einer Person gesteuert wird, und die exogene beziehungsweise ungerichtete Aufmerksamkeitsorientierung (engl. *bottom-up attention*), bei der die Ausrichtung der Aufmerksamkeit durch inhärente Reizeigenschaften selbst gelenkt wird (Koch & Tsuchiya, 2007). Unsere Erwartungen und Ziele sowie die inhärenten Eigenschaften des Reizes bestimmen in Interaktion miteinander, welche Teilmenge unserer visuellen Welt für die weitere Verarbeitung selektiert wird (Beck & Kastner, 2009).

Durch die selektierende Wirkung erleichtert Aufmerksamkeit zwar die Verarbeitung und dadurch den Zugang zum Bewusstsein bestimmter Reize (z. B. Posner, 1980), gleichzeitig aber verzerrt sie auch die mentale Verarbeitung in eine bestimmte Richtung (Beck & Kastner, 2009). Durch das Ausmaß zugewendeter Aufmerksamkeit wird die neuronale Verarbeitung der aus unserer

Umwelt aufgenommenen Informationen verstärkt oder gegebenenfalls geschwächt (z. B. bei Inhibition) (Nobre, 2001; Posner & Driver, 1992). Dieser Prozess kann auch iterativ sein: Eine verstärkte neuronale Aktivierung verstärkt die Aufmerksamkeit wiederum entsprechend und kann so letztendlich auch eine verzerrte Wahrnehmung des Reizes bedingen (Kinsbourne, 1970). Eine in der gesunden Population vielfach dokumentierte Wahrnehmungsverzerrung dieser Art, die in einer linksgerichteten räumlichen Verzerrung mündet, ist der *Pseudoneglect* (Bowers & Heilman, 1980). Die zweite Fragestellung dieser Dissertation wirft einen Blick auf die Auswirkungen aktueller affektiver Zustände einer Person auf die als *Pseudoneglect* bezeichnete räumlich-visuelle Verzerrung (siehe Kapitel 3).

Ein anderes Phänomen, welches aufzeigt wie eng Aufmerksamkeit und Bewusstsein miteinander verwoben sind, ist das der Unaufmerksamkeitsblindheit (Mack & Rock, 1998). Ist die endogene zielgerichtete Aufmerksamkeit in eine Aufgabe verwickelt, kann es vorkommen, dass unerwartete Reize nicht bewusst wahrgenommen werden, obwohl sie auffällig und direkt innerhalb des Sichtfeldes auftauchen.

1.3 Das Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit

Unaufmerksamkeitsblindheit entsteht durch eine Situation in der ein auffälliges, aber unerwartet auftauchendes Objekt nicht bewusst wahrgenommen wird, weil die Aufmerksamkeit gerade auf etwas anderes fokussiert ist (Mack & Rock, 1998). Das Phänomen der Unaufmerksamkeitsblindheit konnte in diversen Laborexperimenten unter verschiedenen Bedingungen repliziert werden (z. B. Calvillo & Jackson, 2014; Cartwright-Finch & Lavie, 2007; Mack & Rock, 1998; Most et al., 2000). Zudem konnte das Phänomen in einer Reihe alltagsnaher Studien aufgezeigt werden: Anwendungskontexte reichen vom Straßen- oder Flugverkehr (z. B. Haines, 1991; Kennedy & Bliss, 2013) über den medizinischen Kontext (z. B. Drew et al., 2013; Hughes-Hallett et al., 2015) bis zum Bereich der Glaubwürdigkeit von Augenzeugen (Chabris et al., 2011).

Auch im sportlichen Kontext spielt Unaufmerksamkeitsblindheit in unterschiedlichen Situationen eine entscheidende Rolle (z. B. Memmert & Furley, 2007). Effiziente visuelle Aufmerksamkeitsprozesse sind eine maßgebliche kognitive Voraussetzung für erfolgreiches Handeln und Entscheiden im Sport (Bosel, 1998; Hüttermann & Memmert, 2014; Spitz et al., 2016). Selbst im Leistungssport finden sich immer wieder Situationen, in denen Fehlentscheidungen

daraus resultieren, dass besser positionierte Mitspieler*innen übersehen werden und somit beispielsweise wichtige Torchancen vergeben werden. Einige Studien untersuchten bereits Aufmerksamkeitsprozesse in realitätsnahen taktischen Situationen (Furley et al., 2010; Memmert & Furley, 2007): Die Hälfte der Versuchspersonen, die Videos von Handball- beziehungsweise Basketball-Spielsituationen gezeigt bekamen, übersah einen unerwarteten, aber eindeutig freien Spieler, der nach einheitlicher Expertenmeinung die beste Lösung der Situation dargestellt hätte (Memmert & Furley, 2007). Während Experten in sportbezogenen Paradigmen ihrer jeweiligen Sportart weniger Unaufmerksamkeitsblindheit zeigten, waren sie in allgemeinen Paradigmen genauso anfällig für den Effekt wie eine Kontrollstichprobe (Memmert, 2006; Memmert et al., 2009). Eine aktuelle Studie fand jedoch bei der Untersuchung von Schiedsrichter*innen auch in einem allgemeinen Paradigma ein geringeres Ausmaß an Unaufmerksamkeitsblindheit bei erfahrenen Schiedsrichter*innen im Vergleich zu Schiedsrichter-Beobachter*innen oder Novizen (Pazzona et al., 2018). Im Sportkontext können einzelne Fehlentscheidungen auch dann weitreichende Konsequenzen haben, wenn sie nicht von den Spieler*innen selbst, sondern von Schiedsrichter*innen als übergreifender neutraler Instanz begangen werden: Schiedsrichter*innen befinden sich in der anspruchsvollen Position, die Einhaltung der Regeln sicherzustellen. Fehlentscheidungen können dabei auch über Sieg und Niederlage entscheiden.

Die bisherige Forschung zu Unaufmerksamkeitsblindheit hat eine Vielzahl situativer und interindividueller Faktoren in den Blick genommen, die beeinflussen, wann Unaufmerksamkeitsblindheit auftritt und wann nicht. Es gibt Befunde, die darauf hindeuten, dass Unterschiede in der Arbeitsgedächtniskapazität die Anfälligkeit für Unaufmerksamkeitsblindheit modulieren könnten (z. B. Seegmiller et al., 2011). Darüber hinaus konnten individuelle kognitive Unterschiede oder Persönlichkeitsmerkmale bisher nicht als entscheidende Einflussfaktoren identifiziert werden (z. B. Bredemeier & Simons, 2012; Kreitz, Schnuerch, Gibbons, et al., 2015). Situative Faktoren, wie die Eigenschaften des unerwarteten Objektes, sowie die kontextuellen Umstände beeinflussen das Auftreten von Unaufmerksamkeitsblindheit hingegen deutlich (z. B. Kreitz, Furley, & Memmert, 2016; Lavie et al., 2014; Newby & Rock, 1998). Einer der besten Prädiktoren für das Auftreten von Unaufmerksamkeit scheint das aktuelle *Attentional Set* einer Person zu sein: Dieses kann als flexible Kombination von Merkmalen verstanden werden, die in einem gegebenen Moment im Fokus der Aufmerksamkeit liegen (z. B. bestimmte Formen oder

Farben, aber auch inhaltliche Aspekte). Passt ein unerwartetes Objekt in das zu diesem Zeitpunkt bestehende *Attentional Set* einer Person, ist die Rate an Unaufmerksamkeitsblindheit für dieses Objekt geringer (Aimola Davies et al., 2013; Koivisto & Revonsuo, 2007; Kreitz, Furley, Memmert, et al., 2016; Most et al., 2001; White & Davies, 2008).

Die binäre Sicht auf Bewusstheit, ob ein Reiz die Schwelle der bewussten Wahrnehmung überschreitet oder nicht, zieht sich als generelles Muster durch einen Großteil der Literatur zu Unaufmerksamkeitsblindheit. Die Verbalisierbarkeit der eigenen Wahrnehmungen, das „Entdecken“ eines Reizes, wird dabei als subjektives Maß von Bewusstheit verwendet: Verbalisierbarkeit bedeutet in diesem Rahmen, dass Personen berichten können, den kritischen Reiz (das unerwartete Objekt) wahrgenommen zu haben, und zugleich in der Lage sind, zumindest einige seiner Eigenschaften zu beschreiben (Baars, 1997; Block, 2005; Merikle, 2001). Diese Betrachtungsweise bewusster Wahrnehmung ist auf der einen Seite hilfreich zur Untersuchung des Phänomens, stellt jedoch auf der anderen Seite auch eine Einengung dar, welche die Aussagekraft von Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit beträchtlich reduziert (Royston et al., 2006). Die dominierende dichotome Konzeptualisierung ist nicht in der Lage, den eigentlichen Charakter der Verarbeitung von Reizen abzubilden: Anstelle einer dichotomen Verarbeitung kann die Verarbeitung eines Reizes in Abhängigkeit von dessen Salienz und dem Ausmaß zugewendeter Aufmerksamkeit vielmehr als graduell (oder möglicherweise sogar kontinuierlich) beschrieben werden (z. B. Dehaene et al., 2006). Auch nicht bewusst wahrgenommene Reize werden in einem gewissen Ausmaß verarbeitet und können erheblichen Einfluss auf unser Erleben und Verhalten nehmen (Bornstein et al., 1987; Dehaene et al., 1998, 2006; Hofmann et al., 2010; Mack et al., 2002).

1.4 Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes

Einen theoretischen Rahmen zur Differenzierung unterschiedlicher Arten von Reiz-Verarbeitung bietet die Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes (Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, & Sergent, 2006). Anstelle einer binären Differenzierung zwischen unbewussten und bewussten Prozessen unterscheiden Dehaene und Kollegen vier Arten der Verarbeitung, die durch verschiedene neuronale Zustände gekennzeichnet sind und sich durch die Ausprägung der zu verarbeitenden Reizen auf zwei Dimensionen klassifizieren lassen; der *bottom-up* Stärke des

Reizes (schwach/unterbrochen; ausreichend stark) und der gezielten Ausrichtung von *top-down* Aufmerksamkeit auf den Reiz (nicht zugewendet/zugewendet) (siehe Abbildung 1).

Ein Reiz mit ausreichend hoher Reizintensität der im Fokus gerichteter Aufmerksamkeit steht, erzeugt ausreichend neuronale Aktivität, um ins Bewusstsein zu gelangen. Die als bewusste Wahrnehmung definierten Inhalte können durch Verbalisierbarkeit beziehungsweise zielgerichtete Gesten geäußert werden². Neben der bewussten Verarbeitung postuliert Dehaene (2006) drei Verarbeitungstypen, die unterhalb der Schwelle des Bewusstseins ablaufen. Die Übergänge zwischen den unbewussten Zuständen verlaufen fließend, während der Übertritt zur bewussten Verarbeitung durch die Verbalisierbarkeit der Inhalte klar abgegrenzt ist. Bei der Verarbeitung unterhalb der Bewusstseinschwelle wird zwischen zwei Formen *subliminaler* Verarbeitung sowie *vorbewusster* Verarbeitung unterschieden. Bei subliminaler Verarbeitung ist die *bottom-up* Aktivierung durch den Reiz stets schwach, sodass globale Netzwerke nicht aktiviert werden und somit keine bewusste Wahrnehmung des Reizes ermöglicht wird. Die Stärke der subliminalen Verarbeitung wird somit durch die Zuwendung der gerichteten *top-down* Aufmerksamkeit moduliert: Wird dem Reiz keine Aufmerksamkeit gewidmet, resultiert kaum neuronale Aktivierung – entsprechende Reize werden vermutlich nur in sehr geringem Ausmaß verarbeitet. Subliminale Reize auf die unsere Aufmerksamkeit *top-down* ausgerichtet ist, verursachen hingegen eine beträchtliche Menge neuronaler Verarbeitung (z. B. Effekte von Priming, siehe Dehaene et al., 1998; Gibbons et al., 2018; Hofmann et al., 2010). Studien aus verschiedenen Bereichen stützen diese Annahme in dem sie zeigen, dass beispielsweise in einer maskierten numerischen Primingaufgabe subliminales Priming nur dann auftrat, wenn die Teilnehmenden ihre Aufmerksamkeit auf das Stimuluspaar Primereiz-Zielreiz richteten. Die Primingeffekte verschwanden, wenn die Aufmerksamkeit temporär nicht auf diesen Reizen lag (Naccache et al., 2002). Ähnliche Effekte zeigen sich auch bei der Untersuchung von ereigniskorrelierten Potenzialen während der Präsentation maskierter Wörter: Ungesehene maskierte Wörter resultierten in einer viel größeren N400-Komponente, wenn die Aufmerksamkeit räumlich auf sie

² Die vorliegende Forschungsarbeit bedient sich daher wie auch die Literatur zur Unaufmerksamkeitsblindheit dem Erfahrungsbericht einer Person als Grenze, ab der bewusste Verarbeitung in Bezug auf den kritischen Reiz unterstellt wird ("Zugriffsbewusstsein" nach Block, 2005, siehe auch Dehaene et al., 2006).

gerichtet war, als wenn dies nicht der Fall war (Kiefer & Brendel, 2006). In Abgrenzung zu subliminaler Verarbeitung, postuliert die Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes die vorbewusste Verarbeitung von Reizen als dritte Form der Verarbeitung unterhalb der Bewusstseinschwelle. Im Gegensatz zu subliminalen Reizen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass die *bottom-up* Reizstärke (beispielsweise durch eine geringe Präsentationsdauer) so gering ist, dass auch bei direkter gerichteter Aufmerksamkeit auf dem Reiz keine bewusste Wahrnehmung stattfindet, wird bei der vorbewussten Verarbeitung von einer ausreichenden *bottom-up* Reizstärke ausgegangen: Vorbewusst verarbeitete Reize lösen also genug neuronale Aktivierung aus, um ins Bewusstsein zu gelangen, überschreiten diese Schwelle laut Modell jedoch nicht, weil sie nicht genug gerichtete *top-down* Aufmerksamkeitskapazitäten erhalten (Dehaene et al., 2006).

Die Charakteristika unter denen vorbewusste Verarbeitung laut der Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes stattfindet, entsprechen genau den Bedingungen, unter denen das Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit auftritt: Saliente Reize, die eindeutig sichtbar, aber aufgrund mangelnder *top-down* Aufmerksamkeit nicht bewusst wahrgenommen werden. Unaufmerksamkeitsparadigmen können deshalb genutzt werden, um die vorbewusste Verarbeitung von Reizen zu untersuchen. Der erste Teil der Synopsis widmet sicher daher der Untersuchung vorbewusster Verarbeitung von Reizen unter Unaufmerksamkeitsblindheit.

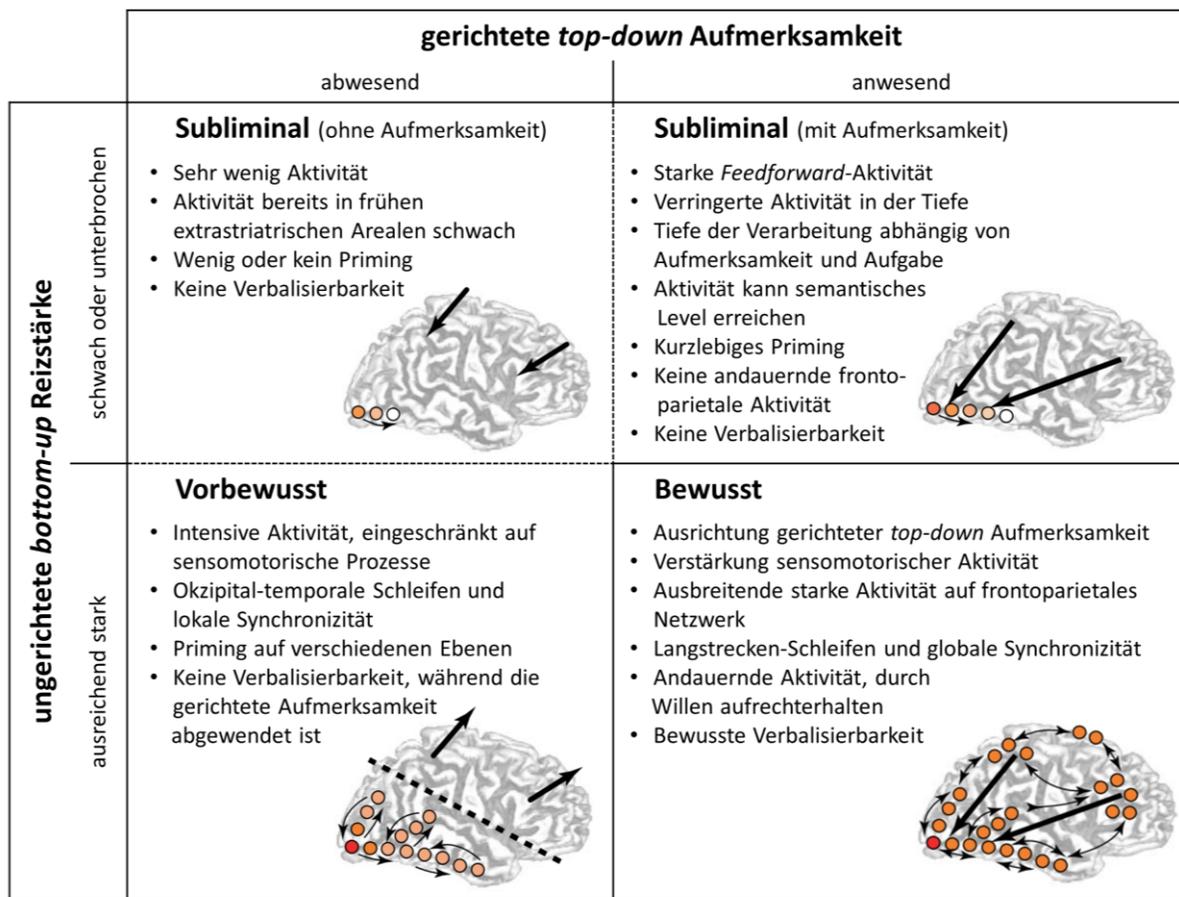


Abbildung 1. Vorgeschlagene Differenzierung zwischen subliminaler, vorbewusster und bewusster Verarbeitung (übersetzt aus Dehaene et al., 2006). Die verschiedenen Zustände sind durch ihre Ausprägung in den Dimensionen Reizstärke (vertikale Achse) und gezielter Aufmerksamkeit (horizontale Achse) charakterisiert. Die neuronale Aktivierung während dieser Zustände ist schematisch abgebildet. Während der subliminalen Verarbeitung entsteht eine neuronale Aktivierungsausbreitung, die schwach bleibt und sich zügig auflöst. Die Übergänge der beiden Zustände sind fließend, in Abhängigkeit von der Stärke der Reizmaskierung, den Instruktionen und der zugewendeten zielgerichteten Aufmerksamkeit. Während vorbewusster Verarbeitung kann die neuronale Aktivierung langandauernd und stärker sein als unter subliminaler Aktivierung und sich zu verschiedenen spezialisierten sensomotorischen Arealen ausbreiten (z. B. zum frontalen Augenfeld). Solange die zielgerichtete Aufmerksamkeit vom Reiz wegorientiert ist, wird die Aktivierungsausbreitung in höhere frontoparietale Areale und eine Langstreckensynchronisierung verhindert. Während der bewussten Verarbeitung, breitet sich die Aktivierung ins frontoparietale System aus, gelangt in den Arbeitsspeicher und ist in der Lage gezielte Handlungen einschließlich verbaler Berichte hervorzurufen. Durch diese Abgrenzung ist der Übergang zwischen bewusster Verarbeitung und den Zuständen unbewusster Verarbeitung scharf, während die anderen Zustände fließend ineinander übergehen können.

2 Forschungsfrage I – vorbewusste Verarbeitung unentdeckter Objekte bei Unaufmerksamkeitsblindheit

Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit der vorbewussten Verarbeitung unerwarteter, nicht im Fokus gezielter Aufmerksamkeit stehender, salienter Objekte. Es stellt sich die Frage, inwiefern unentdeckte unerwartete Reize, die in unserem visuellen Feld auftauchen, verarbeitet werden und wie sie unser Erleben und Verhalten beeinflussen. Weiterhin wird untersucht ob dieselben Faktoren, die sich in der bisherigen Forschung als Einflussfaktoren auf das Überschreiten der Schwelle zu bewusster Wahrnehmung gezeigt haben, auch das Ausmaß der Verarbeitung unterhalb dieser Schwelle beeinflussen.

Der Fokus der Forschung zu Fragestellung I bezieht sich auf die unbewusste, beziehungsweise die im Rahmen der Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraumes als vorbewusst bezeichnete, Verarbeitung unerwarteter Reize. Die Reize sind dadurch definiert, dass ihre *bottom-up* Reizstärke ausreichend hoch ist, um sie bewusst wahrzunehmen (was in Kontrollbedingungen überprüft wird), dies durch die Abwesenheit von gerichteter *top-down* Aufmerksamkeit jedoch nicht geschieht (siehe Dehaene et al., 2006).

2.1 Bisherige Evidenz für die Verarbeitung unentdeckter Reize bei Unaufmerksamkeitsblindheit

Erste direkte Evidenz für die Verarbeitung unentdeckter Reize unter Unaufmerksamkeit kommt aus dem richtungsweisenden Buch von Mack und Rock (1998). Die Forscher untersuchten in einer Reihe von Experimenten, ob Eigenschaften eines unentdeckten Reizes darauffolgendes Antwort- und Entscheidungsverhalten beeinflussen können. Sie fanden Hinweise darauf, dass auch unter Abwesenheit von Bewusstsein eine perzeptuelle Verarbeitung der Reize stattfindet: So war beispielsweise in einer Wortstamm-Ergänzungsaufgabe, die unmittelbar auf die Unaufmerksamkeitsblindheit-Aufgabe folgte, die Wahrscheinlichkeit den präsentierten Wortstamm in Einklang mit dem zuvor unerwartet dargebotenen, unentdeckten Wort zu ergänzen, signifikant erhöht (Mack & Rock, 1998). Dieser Befund verweist auf die Existenz eines impliziten Gedächtnisses für die unerwarteten Wörter, obwohl diese niemals bewusst wahrgenommen wurden. Aufgrund der kleinen Stichproben, die Mack und Rock (1998) in ihren Einzelexperimenten nutzten (80 Personen verteilt auf vier Bedingungen für die Wortstamm-Aufgabe, von denen insgesamt 50 das unerwartete Objekt nicht wahrnahmen), sollten diese Befunde jedoch nur als

erste Anhaltspunkte für zukünftige Forschung angesehen werden. Ein kürzlicher Replikationsversuch der Studie zur Wortstammergänzung unter einer leichten Abwandlung des Studiendesigns konnte diesen Befund von Mack und Rock (1998) nicht replizieren (Wood & Simons, 2019).

Einige Studien zeigten jedoch, dass genau jene Objekte eine höhere Wahrscheinlichkeit haben bewusst wahrgenommen zu werden, die eine Relevanz für die eigene Person aufweisen (Mack et al., 2002), belebte Objekte darstellen (Calvillo & Jackson, 2014) oder deren semantischer Kontext ins aktuelle *Attentional Set* passt (Koivisto & Revonsuo, 2007): Die erhöhte Wahrscheinlichkeit für diese Objekte die Schwelle der bewussten Wahrnehmung zu überschreiten kann als indirekter Hinweis für die vorbewusste Verarbeitung der Eigenschaften des kritischen Objektes interpretiert werden.

Eine Reihe weiterer Studien liefert Hinweise für die vorbewusste Verarbeitung unentdeckter Reize. In einigen Experimenten zeigte sich, dass durch Gruppierungsprozesse einzelner Reize zu Mustern, die komplett außerhalb unseres Bewusstseins stattfinden, unser Verhalten beeinflusst werden kann: Nicht bewusst wahrgenommene Muster wirkten sich auf Reaktionszeiten sowie Entscheidungen über die Länge zwei zu vergleichender Linien aus (Lamy et al., 2006; Moore & Egeth, 1997; Wood & Simons, 2019). In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass Versuchspersonen einer visuellen Täuschung unterlagen, obwohl sie die Figur, die diese Illusion verursachte, nicht bewusst wahrnahmen (Lathrop et al., 2011). Weiterhin konnte latentes Lernen wiederholter Informationen ohne gerichtete Aufmerksamkeit nachgewiesen werden, welches die Leistung in späteren Aufgaben erleichterte (Jiang & Leung, 2005).

Der zugrunde liegenden neuronalen Verarbeitung von Reizen die aufgrund von Unaufmerksamkeitsblindheit nicht bewusst wahrgenommen werden, näherten sich Studien mittels ereigniskorrelierter Potenziale an, die substanzielle neuronale Marker für die unentdeckten Reize fanden: Visuelle Konturen modulierten die frühe visuelle Verarbeitung im okzipitalen Kortex, und zwar unabhängig davon, ob die Versuchspersonen sich der Muster bewusst waren oder nicht (Pitts et al., 2012). Diese Befunde konnten jedoch bisher nicht auf komplexere Reize, wie beispielsweise Gesichter, übertragen werden (Shafto & Pitts, 2015): Unerwartete Gesichter konnten keine für Gesichter spezifische frühe Aktivität (gekennzeichnet durch die N170-Komponente des ERP) bei unaufmerksamkeitsblinden Teilnehmenden hervorrufen.

Schnuerch und Kollegen (2016) konnten in einer aktuellen Studie direkte Evidenz für die perzeptuelle und darüber hinaus auch semantische Verarbeitung unentdeckter Objekte finden: In der Anwesenheit eines zum Zielreiz inkongruenten unerwarteten Reizes, erhöhte sich die Antwortzeit der Versuchspersonen in einer Reaktionsaufgabe auf den Zielreiz, und das, obwohl der unerwartete Reiz nicht bewusst wahrgenommen wurde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass, auch wenn die Teilnehmenden ein unerwartetes Objekt aufgrund von Unaufmerksamkeitsblindheit nicht bewusst wahrnehmen (d. h. berichten können), es Hinweise dafür gibt, dass das Objekt wahrnehmbar und semantisch verarbeitbar ist. Diese Verarbeitung ist stark genug, um im Elektroenzephalogramm (EEG) abgebildet zu werden (Pitts et al., 2012; aber siehe auch Shafto & Pitts, 2015), Wahrnehmungswillusionen hervorzurufen (Lathrop et al., 2011) und Reaktionen zu verlangsamen (Schnuerch et al., 2016). Forschungsfrage Ia soll mittels einer Metaanalyse die bisherigen Befunde aus Einzelstudien ergänzen und Effekte vorbewusster Verarbeitung über mehrere Studien und verschiedene Paradigmen hinweg untersuchen. Die Forschungsfragen Ib und Ic zielen darauf ab, die Literatur im Bereich vorbewusster Verarbeitung durch die Kombination verschiedener Forschungsstränge durch neue Erkenntnisse zu erweitern.

2.2 Forschungsfrage Ia – Auswirkung vorbewusster Verarbeitung eines Reizes auf Entscheidungen über dessen Eigenschaften

Die in Kapitel 2.1 dargestellte empirische Evidenz liefert bereits Hinweise auf die vorbewusste Verarbeitung von Reizen im Rahmen verschiedener Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit. In klassischen Designs bei Untersuchungen zur Unaufmerksamkeit wird das unerwartete Objekt nach mehreren Durchgängen einer Primäraufgabe in einem kritischen Durchgang präsentiert. Unmittelbar nach diesem kritischen Durchgang werden die Teilnehmenden gefragt, ob sie etwas anderes als die zur Primäraufgabe gehörenden Objekte gesehen haben. Diese, in der Regel dichotom erfasste Variable, ist die interessierende abhängige Variable auf der Suche nach den Faktoren, welche die Entdeckungsrate des unerwarteten Objektes determinieren. Einige Studien nutzen zusätzlich zur dichotomen Abfrage der Bewusstheit eine detailliertere Abfrage zum unerwarteten Objekt (z. B. Kreitz, Furley, et al., 2015; Kreitz, Schnuerch, Furley, et al., 2015; Redlich et al., 2019). Mit Hilfe derartiger zusätzlicher Fragen soll sichergestellt werden, dass die

verbalisierte Detektion eines zusätzlichen Reizes nicht bloß auf sozial erwünschtem Verhalten, einem Missverständnis oder anderen Motiven beruht, ohne dass das Objekt wirklich entdeckt wurde. In den meisten Fällen handelt es sich bei dieser zusätzlichen Abfrage um eine offene Angabe darüber, was genau gesehen wurde. Einige Studien verwenden jedoch auch Multiple-Choice Fragen, die nach verschiedenen Charakteristika des unerwarteten Objektes fragen. Ist das unerwartete Objekt beispielsweise ein blaues Dreieck, das im oberen rechten Rand des Bildschirms auftaucht, können drei Multiple-Choice-Fragen zu Farbe, Form und Position des Objektes auf dem Bildschirm Auskunft darüber geben, ob und was die Teilnehmenden wirklich von dem unerwarteten Objekt bewusst wahrgenommen haben. Die Fragen dienen somit der Validierung der dichotomen Antwort zur Bewusstwerdung des kritischen Objektes und erlauben es, die Angabe von Personen etwas Unerwartetes gesehen zu haben, zu überprüfen.

In den vorliegenden Studien wurden allen Versuchspersonen die Multiple-Choice Fragen zum kritischen Objekt präsentiert, unabhängig davon ob die Personen in der dichotomen Abfrage angeben ein unerwartetes Objekt bewusst wahrgenommen zu haben oder nicht. Dies diente dem Zweck die Erwartungshaltungen in darauffolgenden Durchgängen zwischen allen Personen konstant zu halten. Der Fokus der vorliegenden Metaanalyse lag auf dem Antwortmuster innerhalb zusätzlicher Multiple-Choice Detailfragen derjenigen Personen, die in der dichotomen Abfrage angaben, das unerwartete Objekt *nicht* bewusst wahrgenommen zu haben. Da wir uns für die Auswirkungen *vorbewusster* Prozesse interessieren, wurden diejenigen Personen aus der Analyse ausgeschlossen, die das Objekt *bewusst* wahrgenommen haben.

Das Antwortverhalten in den Multiple-Choice Fragen, stellt eine bisher ungenutzte Datenquelle dar, die Rückschlüsse auf eine mögliche vorbewusste Verarbeitung erlaubt: Zeigen Personen, die ein unerwartetes Objekt nicht bewusst wahrnehmen, eine überzufällige Antwortgenauigkeit für bestimmte Charakteristika dieses Objektes? Dieser Fragestellung wurde im Rahmen einer Metaanalyse nachgegangen, da diese den Vorteil mit sich bringt, eine Synthese der Evidenz zu einem Themenbereich über mehrere Primärstudien hinweg zu ermöglichen (Cumming, 2014). Die vorliegende Metaanalyse liefert darüber hinaus Informationen für die Beantwortung einer bisher anhand der vorliegenden Daten noch nicht experimentell untersuchten Fragestellung: Die Reanalyse der Daten soll einen Einblick in die vorbewusste Verarbeitung unerwarteter Objekte

im Rahmen des Unaufmerksamkeitsparadigmas erlauben, und zugleich der Identifikation möglicher zukünftiger Forschungspotenziale dienen.

2.2.1 Beantwortung der Forschungsfrage Ia

Für die Metaanalyse wurden 16 Studien ausgewählt, die es durch ihr Design ermöglichen Einflüsse vorbewusster Verarbeitung auf unser Verhalten ohne neuen Erhebungsaufwand in großen Stichproben zu untersuchen. Alle für die Metaanalyse ausgewählten Studien stammen aus derselben am Institut der Autorin ansässigen Forschungsgruppe. Dieses Vorgehen schränkt zwar die Generalisierbarkeit der Befunde ein (siehe Kapitel 4.3), ermöglicht dafür jedoch eine genaue Nachvollziehbarkeit sowie hinreichende Übereinstimmung der experimentellen Designs für einen Vergleich. Der uneingeschränkte Zugang zu allen Rohdaten erlaubt eine umfassende Gesamtanalyse der Daten sowie die Analyse verschiedener Moderatoren.

Ein Einschlusskriterium für die vorliegende Metaanalyse war die Verwendung von Multiple-Choice Fragen zur Spezifikation des unerwarteten Objektes im Design der jeweiligen Studie. Trotz der Verwendung verschiedener Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit in den Studien, wiesen alle Studien den gleichen schematischen Aufbau auf: Nach mehreren Durchgängen einer Primäraufgabe am Computer erfolgte der kritische Durchgang, der das Erscheinen eines unerwarteten Objektes beinhaltet. Unmittelbar nach diesem kritischen Durchgang wurden die Versuchspersonen nach der Detektion des unerwarteten Objektes befragt. Anschließend beantworteten sie mehrere Multiple-Choice Fragen, welche, abhängig vom Paradigma den Erscheinungsort, die Bewegungsrichtung, die dargebotene Modalität, die Farbe oder die Form des Objektes abfragten.

Als interessierende Variable wurde in der Metaanalyse die Antwortgenauigkeit derjenigen Versuchspersonen, die keine bewusste Wahrnehmung des unerwarteten Reizes zeigten, in den Multiple-Choice Fragen mit einem komplett zufälligen Rateverhalten verglichen. Eine höhere Antwortgenauigkeit als die bei zufälligem Raten zu erwartende, kann als Hinweis auf eine vorbewusste Verarbeitung des Objektes interpretiert werden.

Die Ergebnisse der Metaanalyse verdeutlichen eine, dem Zufall gegenüber signifikant erhöhte Antwortgenauigkeit bezüglich der Charakteristika der unentdeckten Objekte. Die Stärke des Effektes variiert zwischen den einbezogenen Studien und zeigt sich insgesamt klein bis

moderat (siehe Abbildung 2), jedoch robust auch über die Moderatoranalysen hinweg. Erzwungene Entscheidungen, die mit der Beantwortung der Multiple Choice-Fragen einhergehen, sind folglich in der Lage die vorbewusste Verarbeitung an die Oberfläche zu bringen, und sie damit beobachtbar und messbar zu machen. Vorbewusste Verarbeitung zeigt sich also sogar in unserem offenen Verhalten, wenn wir zu einer Antwort genötigt sind. Die Untersuchung der Antworten auf die Multiple-Choice Fragen erweisen sich als ein sensitiveres Maß für Veränderungen in der Verarbeitung als die dichotome Abfrage, bei der nur berücksichtigt wird, ob die Wahrnehmung die Schwelle des Bewusstseins überschritten hat oder nicht. Diese Befunde stehen in Einklang mit der Annahme der Existenz vorbewusster Verarbeitung für saliente, aber aufgrund von Unaufmerksamkeit nicht bewusst wahrgenommene Reize. Die Metaanalyse erweitert die bisherigen Befunde zu Auswirkungen vorbewusster Verarbeitung auf das Verhalten. Sie zeigt, dass aktiv getroffene Auswahlentscheidungen über die Eigenschaften eines unentdeckten Objektes durch vorbewusste Verarbeitung beeinflusst werden können. Dieser Befund zeigt über verschiedene klassische Paradigmen zur Unaufmerksamkeitsblindheit hinweg.

Zusätzlich zur Hauptanalyse wurde der Einfluss verschiedener Moderatoren auf die vorbewusste Verarbeitung untersucht. Bei den drei kategorialen Moderatoren handelte es sich um die verwendete Reizmodalität (unimodal vs. multimodal), die Leistung in der Primäraufgabe im kritischen Durchgang (richtig vs. falsch), sowie das Entdecken des unerwarteten Objektes unter geteilter Aufmerksamkeit (entdeckt vs. nicht entdeckt).

Die Ergebnisse zeigen eine besonders hohe Antwortgenauigkeit hinsichtlich der Attribute des unerwarteten Reizes im Falle multimodaler Versuchsdesigns, wenn also die Primäraufgabe auditiv und das unerwartete Objekt visuell präsentiert wurde, oder umgekehrt. Dies deutet auf eine verbesserte vorbewusste Verarbeitung im Falle multimodaler Reizpräsentation (d. h. visuell und auditiv) hin. Während die auftretende Unaufmerksamkeitsblindheit für unerwartete Objekte in multimodalen Designs im Allgemeinen dafür spricht, dass Aufmerksamkeitsressourcen (zumindest teilweise) zwischen verschiedenen Modalitäten geteilt werden (siehe z. B. Giraudet et al., 2015; Raveh & Lavie, 2015; Sinnott et al., 2006), sprechen die vorliegenden Befunde dafür, dass (zumindest einige) Ressourcen im Rahmen der vorbewussten Verarbeitung separat angesprochen werden durch verschiedene Modalitäten.

Die zweite Moderatoranalyse diente der Beantwortung der Frage, ob die Stärke der vorbewussten Verarbeitung und die damit einhergehende Antwortgenauigkeit mit der korrekten Ausführung der Primäraufgabe während des kritischen Durchgangs assoziiert ist. Die meisten Studien fanden bisher keinen Zusammenhang zwischen der Leistung in der Primäraufgabe und der Anfälligkeit für Unaufmerksamkeitsblindheit (Most et al., 2000; Simons & Chabris, 1999; Simons & Jensen, 2009). In einer anderen Arbeit zeigte sich jedoch ein solcher Zusammenhang in der Form, dass die Akkuratheit in der Primäraufgabe durch ein unentdecktes Objekt verringert wurde (Bressan & Pizzighello, 2008). Die Autoren mutmaßen, dass das Objekt stark genug verarbeitet wurde, um die Leistung zu beeinflussen, aber nicht so stark, dass es bewusst verarbeitet und als aufgabenirrelevant identifiziert und ignoriert werden konnte (Bressan & Pizzighello, 2008). Bisherige Studien konzentrieren sich vor allem auf die dichotome Erfassung der Reizverarbeitung (entdeckt vs. nicht entdeckt). Der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf die vorbewusste Verarbeitung ermöglicht eine sensitivere Erfassung von Veränderungen in der Verarbeitung als traditionelle dichotome Maße, welche nur das Überschreiten einer Schwelle beobachten. Die Ergebnisse der Moderatoranalyse zeigen, dass die vorbewusste Verarbeitung in Form der Antwortgenauigkeit nicht von der korrekten Ausführung der Primäraufgabe abhängt. Die Ergebnisse verweisen somit in Einklang mit bisheriger Forschung (Most et al., 2000; Simons & Chabris, 1999; Simons & Jensen, 2009) nicht auf das Vorliegen eines Zusammenhangs zwischen der Verarbeitungsstärke unerwarteter Reize und der Leistung bei der Primäraufgabe.

Eine dritte Moderatoranalyse untersuchte einen zweiten kritischen Durchgang, der unter *geteilter* Aufmerksamkeit (engl. *divided-attention-trial*) stattfindet. In einigen Studien zur Unaufmerksamkeitsblindheit wird nach der Abfrage des unerwarteten Objektes die Primäraufgabe fortgeführt und ein zweiter kritischer Durchgang durchgeführt, bei dem das unerwartete Objekt erneut präsentiert wird. Durch die Befragung der Teilnehmenden im Anschluss an den ersten kritischen Durchgang (in Form der dichotomen Detektionsfrage als auch detaillierten Multiple-Choice Fragen) ist das wiederholte Auftreten dieses Objektes im darauffolgenden zweiten kritischen Durchgang nicht mehr völlig unerwartet; die Teilnehmenden verwenden womöglich einen Teil ihrer Aufmerksamkeitsressourcen direkt auf die Entdeckung des zusätzlichen Objektes. Während ein zusätzlicher Reiz, wenn er zum ersten Mal auftritt, meist nicht detektiert wird (weil er vollkommen unerwartet ist), bemerken die meisten Teilnehmenden den Reiz, wenn er zum zweiten

Mal auftritt (Mack & Rock, 1998). Für die Analyse des Durchgangs geteilter Aufmerksamkeit im Rahmen der Metanalyse, werden die Personen, die beim ersten kritischen Durchgang den unerwarteten Reiz nicht bewusst wahrgenommen haben, in zwei Gruppen geteilt: Die durchgeführte Moderatoranalyse vergleicht die Antwortgenauigkeit (vorbewusste Verarbeitung) für das unentdeckte Objekt im ersten Durchgang für Personen, die das Objekt unter geteilter Aufmerksamkeit bemerkten mit denen die es auch in einem zweiten Durchgang nicht bemerkten³. Die Analyse zeigt, dass die Teilnehmenden, die beim ersten Auftreten des kritischen Objektes mehr Anzeichen vorbewusster Verarbeitung zeigten, eine niedrigere Schwelle hatten, genau dieses Objekt bewusst wahrzunehmen, wenn es ein zweites Mal auftauchte. Diese Befunde sprechen erneut für unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegende kontinuierliche Verarbeitungsmechanismen, die messbare Konsequenzen im Verhalten nach sich ziehen können und auch die Entdeckungsrate für später erscheinende Objekte beeinflussen könnten.

³ Analysiert wurden alle 11 der 16 in der vorliegenden Metaanalyse betrachteten Datensätze, die einen zweiten kritischen Durchgang enthielten.

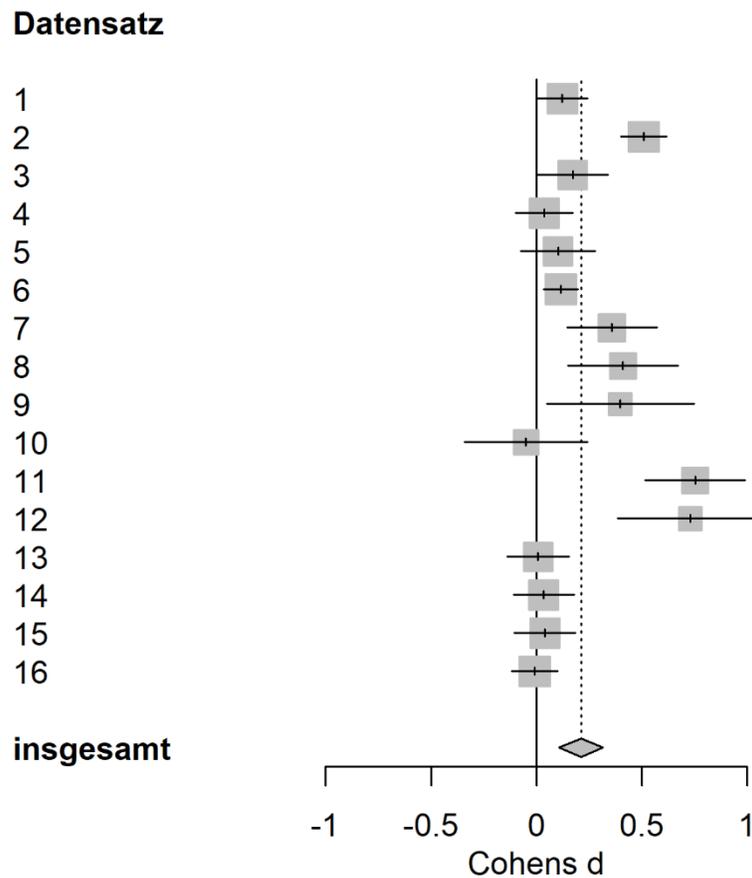


Abbildung 2. Wald-Diagramm der Cohen's d (die 95 %-Konfidenzintervalle sind als schwarze Linien eingezeichnet) für alle in der Metaanalyse untersuchten Datensätze. Studiengewichte für die Zufallseffekte aller Studien sind durch die Größe der grauen Quadrate indiziert.

2.2.2 Fazit und Ausblick

Versuchspersonen, die nicht in der Lage waren zu berichten, dass sie ein Objekt während der Primäraufgabe wahrgenommen haben, können dennoch Attribute dieses unentdeckten Objektes über die Ratenwahrscheinlichkeit hinaus bestimmen. Diese Ergebnisse stützen damit bisherige Befunde (z. B. Mack & Rock, 1998) und deuten darauf hin, dass Entscheidungsprozesse von unbewusst verarbeiteten Reizen beeinflusst werden können. Der Einfluss vorbewusster Verarbeitung beschränkt sich damit nicht auf die Verlangsamung von absichtlichen Reaktionen durch Interferenz (Schnuerch et al., 2016), sondern kann sogar das Auswahlverhalten steuern.

Die Analyse von Multiple-Choice Fragen kann als erster Schritt in Richtung der Entwicklung eines sensitiveren Maßes angesehen werden, das über die in der Forschung zu Unaufmerksamkeit üblicherweise genutzte dichotome Abfrage zur Bewusstheit des kritischen Objektes hinausgeht, und auch die Untersuchung vorbewusster Verarbeitungsprozesse ermöglicht. Erst kürzlich stellten Schnuerch und Kollegen (2016) eine Version eines Paradigmas der Unaufmerksamkeitsblindheit vor, welches eine noch sensitivere Messung vorbewusster Verarbeitungsprozesse ermöglicht. Dieses Paradigma ermöglicht eine wiederholte Darbietung der unerwarteten Reize und eröffnet die Möglichkeit verschiedene Einflüsse und Konsequenzen einer vorbewussten Verarbeitung in Form von Reaktionszeiten sensitiv zu erfassen. Die durchgeführten Studien zur Beantwortung der Forschungsfrage Ib und Ic nutzen daher Abwandlungen dieses Paradigmas als Grundlage für ihr experimentelles Design.

2.3 Forschungsfrage Ib - Auswirkungen perzeptueller Belastung auf die vorbewusste Verarbeitung unentdeckter Reize

Die durchgeführte Metaanalyse untermauert, dass eine vorbewusste Verarbeitung von Reizen unter Unaufmerksamkeit stattfindet. Diese ist direkt im Verhalten beobachtbar. Bisher ungeklärt ist die Frage welche Faktoren das Auftreten und die Stärke dieser vorbewussten Verarbeitung beeinflussen. Ein Faktor, für den bereits ein Einfluss auf das Auftreten von Unaufmerksamkeitsblindheit gezeigt werden konnte, ist die perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe (Cartwright-Finch & Lavie, 2007). Daraus lässt sich die Frage ableiten, ob die perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe auch einen Einfluss auf die vorbewusste Verarbeitung von Reizen unter Unaufmerksamkeitsblindheit hat.

2.3.1 Die perzeptuelle Belastungstheorie

Die perzeptuelle Belastungstheorie nimmt an, dass die Verarbeitung aufgabenirrelevanter Reize aufgrund begrenzter kognitiver Ressourcen von der perzeptuellen Belastung der Primäraufgabe abhängt (Lavie, 1995). Ist die perzeptuelle Belastung durch die im Aufmerksamkeitsfokus stehenden Informationen niedrig, verbleibt freie Aufmerksamkeitskapazität. Diese kann dann auch aufgabenirrelevanten Reizen zugewendet werden. Eine hohe perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe kostet hingegen Aufmerksamkeitsressourcen. Eine Zuwendung kognitiver

Ressourcen auf andere, nicht primär aufgabenrelevante Reize wird dementsprechend unwahrscheinlich. Diese Reize werden laut perzeptueller Belastungstheorie dann weniger stark verarbeitet (Lavie, 1995). Viele Studien, vor allem aus dem Bereich der Reaktions-Wettbewerbs-Paradigmen (engl. *response competition paradigm*), liefern Evidenzen für die Annahmen der perzeptuellen Belastungstheorie (z. B. Lavie, 1995, 2005; Lavie et al., 2004; Lavie & Fox, 2000). In Reaktions-Wettbewerbs-Paradigmen bearbeiten Teilnehmende eine Reaktionsaufgabe unter Zeitdruck, bei der gleichzeitig zum Zielreiz kongruente oder inkongruente Distraktoren präsentiert werden. Durchgänge, in denen ein Distraktor inkongruent zum Zielreiz ist (eine gegenteilige Reaktion triggert als der Zielreiz), resultieren in einer langsameren Reaktion auf den Zielreiz als Durchgänge, bei denen Distraktor und Zielreiz kongruent sind (dieselbe Reaktion hervorrufen). Dieser Interferenzeffekt fällt typischerweise unter hoher perzeptueller Belastung durch die Primäraufgabe (z. B. mehr Reize auf dem Bildschirm) geringer aus als unter geringer perzeptueller Belastung. Nach Annahme der perzeptuellen Belastungstheorie sind unter hoher perzeptueller Belastung alle kognitiven Ressourcen auf die Primäraufgabe fokussiert. Dementsprechend verbleiben auch weniger oder sogar keine Ressourcen für die Verarbeitung der Distraktorreize und diese rufen keinen (oder lediglich einen verminderten) Interferenzeffekt hervor (z. B. Lavie, 2005).

Verschiedene Studien, die den Einfluss perzeptueller Belastung auf das Auftreten von Unaufmerksamkeitsblindheit untersuchten, stellten fest, dass unerwartete Reize entsprechend der Annahme der perzeptuellen Belastungstheorie eher entdeckt werden, wenn die perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe geringer ist (Calvillo & Jackson, 2014; Cartwright-Finch & Lavie, 2007; aber siehe Koivisto & Revonsuo, 2009). In angewandten Studien in einem Fahrsimulator zeigten Versuchspersonen unter hoher Belastung ebenfalls erhöhte Raten von Unaufmerksamkeitsblindheit und erhöhte Reaktionszeiten auf Gefahren (Murphy & Greene, 2016, 2017). Die Vorhersagen der perzeptuellen Belastungstheorie lassen sich auch auf komplexere, unstrukturiertere und realitätsnahe Szenarien aus dem Sportkontext übertragen (Furley et al., 2013).

Faktoren, die einen Einfluss auf die Überschreitung der Bewusstseinschwelle von Reizen haben, haben möglicherweise ebenfalls einen Einfluss auf dessen vorbewusste Verarbeitung. Es stellt sich also die Frage, ob die perzeptuelle Belastung auch die Stärke der Verarbeitung von Reizen unter der Bewusstseinschwelle moduliert, die aufgrund fehlender Aufmerksamkeit in

einem Unaufmerksamkeitsparadigma unentdeckt bleiben. Eine aktuelle Studie konnte zeigen, dass unter bestimmten Umständen die Integration von Konturen durch die perzeptuelle Belastung sowohl für bewusste als auch vorbewusste Prozesse moduliert sein kann (Cheng et al., 2019): Unter niedriger perzeptueller Belastung, aber nicht unter hoher perzeptueller Belastung konnte ein positiver Hinweiseffekt für bestimmte Konturen gezeigt werden, auch wenn die Versuchspersonen die Konturen nicht bewusste wahrnahmen, weil ihre Aufmerksamkeit durch die Primäraufgabe abgelenkt wurde.

2.3.2 Beantwortung der Forschungsfrage Ib

Für die Beantwortung der Forschungsfrage ob die perzeptuelle Belastung durch eine Primäraufgabe die vorbewusste Verarbeitung unerwarteter unentdeckter Reize moderiert, wurden zwei Laborexperimente durchgeführt (Publikation II). Zur Untersuchung vorbewusster Prozesse unter perzeptueller Belastung wird anstatt eines traditionellen Paradigmas der Unaufmerksamkeitsblindheit, welches nur den Erfahrungsbericht als dichotomes Kriterium für Bewusstheit nutzt, ein sensitives Reaktionszeitparadigma verwendet. Hierzu wurde für die durchgeführten Experimente eine Abwandlung des Unaufmerksamkeits-Paradigmas von Schnuerch und Kollegen (2016) entwickelt. Innerhalb des Paradigmas wird das Ausmaß der vorbewussten Verarbeitung über die Stärke eines Interferenzeffektes in den Reaktionszeiten gemessen. Das realisierte Paradigma ermöglicht die Verknüpfung der Forschungsstränge zur vorbewussten Verarbeitung unter Unaufmerksamkeit und der perzeptuellen Belastungstheorie, da es (wie eine Vielzahl von Studien aus dem Bereich der perzeptuellen Belastungstheorie) ein Reaktions-Wettbewerbs-Paradigma darstellt. Die Primäraufgabe in diesem Paradigma besteht darin, so schnell und so akkurat wie möglich auf periphere Zielreize zu reagieren (Zahlen zwischen 1 und 9 durch Tastendruck als kleiner oder größer 5 kategorisieren), während zur selben Zeit im Zentrum des Bildschirms unerwartet Ziffern präsentiert werden (für eine Illustration und eine detaillierte Beschreibung des experimentellen Ablaufs siehe Abbildung 3). Das Ausmaß der perzeptuellen Belastung wird innerhalb der Teilnehmenden durch die Hinzunahme aufgabenirrelevanter Distraktoren systematisch manipuliert. Durch die Manipulation der perzeptuellen Belastung in der Primäraufgabe sollte geprüft werden, ob die Vorhersagen der perzeptuellen Belastungstheorie auch auf Reize übertragbar sind, die aufgrund von Unaufmerksamkeitsblindheit unentdeckt

bleiben. Es wurden daher nur diejenigen Versuchspersonen untersucht, die am Ende der experimentellen Aufgabe angaben, keine unerwarteten Reize entdeckt zu haben. Die vorbewusste Verarbeitung wird durch einen Interferenzeffekt in der Reaktionszeit der Personen gemessen: Die Kategorisierung des Zielreizes ist langsamer, wenn der unerwartete Reiz inkongruent zum Zielreiz ist (der gegenteiligen Kategorie angehört), als wenn er kongruent zum Zielreiz ist (derselben Kategorie angehört). Die Annahme ist, dass bei hoher perzeptueller Belastung der Primäraufgabe alle Aufmerksamkeitsressourcen aufgebraucht sind und unerwartete und aufgabenirrelevante Reize dadurch weniger oder gar nicht verarbeitet werden. Deshalb erzeugen diese Reize in den jeweiligen Durchgängen keinen (oder zumindest einen abgeschwächten) Interferenzeffekt. Wir erwarten, dass eine höhere perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe den aus vorbewusster Verarbeitung resultierenden Interferenzeffekt im Verhalten reduziert.

Entgegen der formulierten Erwartungen liefern die Ergebnisse beider Studien keinen Hinweis darauf, dass eine erhöhte perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe zu einer reduzierten vorbewussten Verarbeitung des unentdeckten Reizes führt. Die erwartete Interaktion zwischen Interferenzeffekt und perzeptueller Belastung bleibt aus, obwohl die Voraussetzungen für den Effekt gegeben sind: Es zeigt sich ein signifikanter Interferenzeffekt in Form langsamerer Reaktionszeiten und mehr Fehlern in inkongruenten im Vergleich zu kongruenten Durchgängen. Weiterhin zeigt sich ein Effekt perzeptueller Belastung auf die Reaktionszeiten sowie die Anzahl richtiger Reaktionen; unter hoher Belastung treten mehr Fehler und langsamere Reaktionszeiten auf als unter niedriger perzeptueller Belastung. In keinem der beiden Maße, Reaktionszeiten oder Anzahl richtiger Reaktionen, zeigt sich jedoch eine Interaktion der beiden potenziellen Einflussfaktoren Kongruenz und perzeptuelle Belastung: Es gibt keinen Hinweis auf eine Reduzierung des Interferenzeffekts unter hoher perzeptueller Belastung in der vorliegenden Studie.

Die Ergebnisse sind überraschend, da verschiedene Studien bereits zeigen, dass erhöhte perzeptuelle Belastung durch eine Primäraufgabe das Auftreten von Unaufmerksamkeitsblindheit in Form eines ausbleibenden bewussten Berichts über die Wahrnehmung eines Reizes beeinflusst (z. B. Calvillo & Jackson, 2014; Cartwright-Finch & Lavie, 2007; aber siehe Koivisto & Revonsuo, 2009).

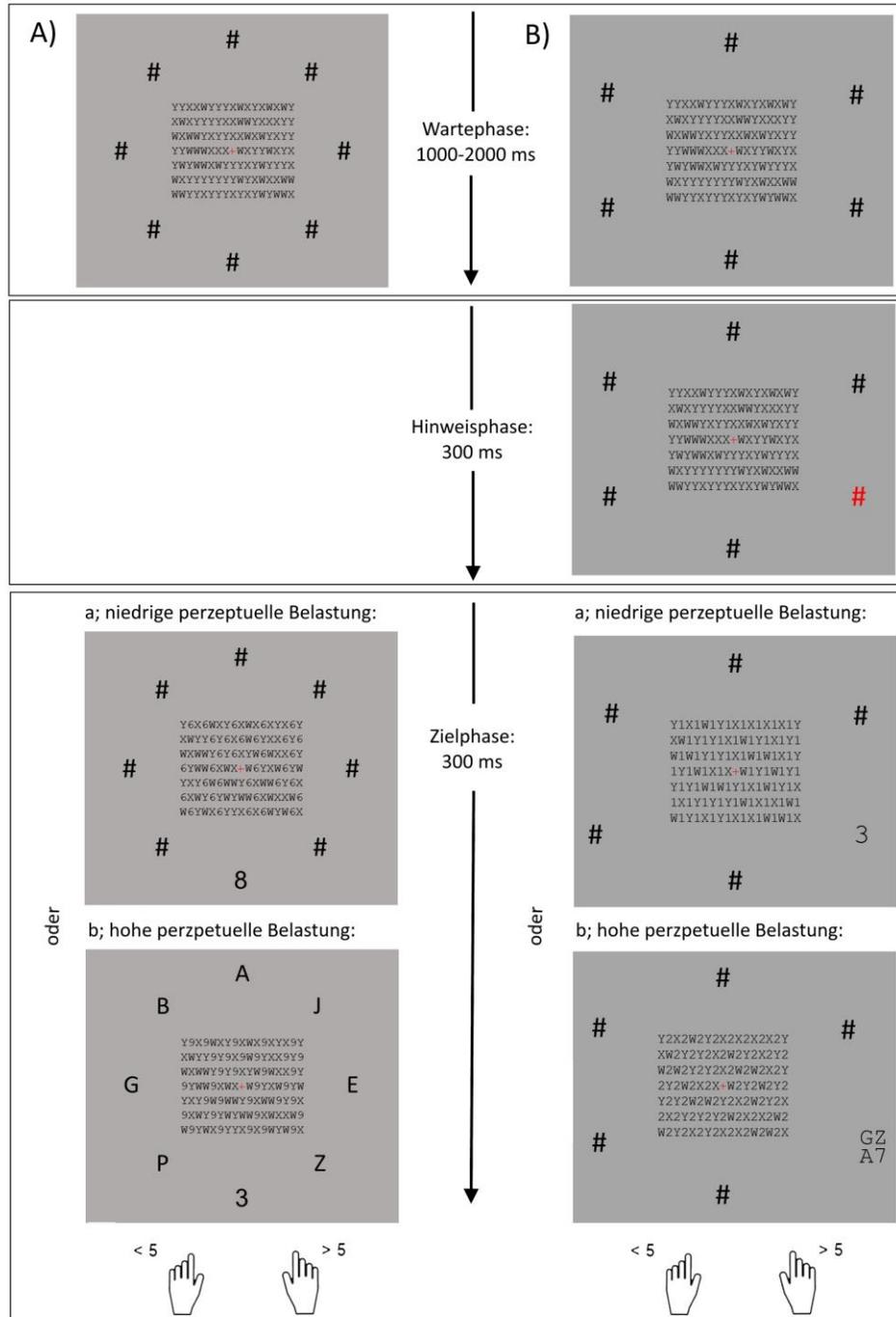


Abbildung 3. Schematische Darstellung des Unaufmerksamkeitsblindheitsparadigmas zur perzeptuellen Belastung in A) Experiment 1 und B) Experiment 2. Versuchspersonen hatten die Aufgabe periphere Zielzahlen per Tastendruck so schnell und akkurat wie möglich als kleiner oder größer 5 zu kategorisieren. A) Jeder Durchgang bestand aus zwei Phasen: Wartephase und Zielphase. In der Zielphase erschien die Zielzahl an einer von acht möglichen, durch Hashtags gekennzeichneten, Positionen. In der Hälfte der Durchgänge (a; niedrige perzeptuelle Belastung) blieben die übrigen Hashtags unverändert, während in der anderen Hälfte der Durchgänge (b; hohe perzeptuelle Belastung) die übrigen

Hashtags zu Buchstaben wurden. In dem aufgabenirrelevanten zentralen Buchstabenfeld erschienen auf der Hälfte der Positionen Zahlen, die entweder der Kategorie des Zielreizes entsprachen (a; kongruente Bedingung) oder ihr widersprachen (b; inkongruente Bedingung). B) In Experiment 2 bestand jeder Durchgang aus drei Phasen: Wartephase, Hinweisphase und Zielphase. In der Hinweisphase wurde die Position des Zielreizes vorhergesagt, um die Aufmerksamkeit auf die Zielposition zu lenken. In der Zielphase erschien die Zielzahl allein (a; niedrige perzeptuelle Belastung) oder umgeben von drei Distraktoren (b; hohe perzeptuelle Belastung) an der angekündigten Position.

Unsere Ergebnisse erweitern die bisherige Forschungslage, indem sie zeigen, dass eine erhöhte perzeptuelle Belastung durch die Primäraufgabe nicht notwendigerweise einen Einfluss auf die vorbewusste Verarbeitung von Reizen hat, die unterhalb der Bewusstseinschwelle verarbeitet werden. Auch unter hoher perzeptueller Belastung werden aufgabenirrelevante Reize zumindest so stark verarbeitet, dass sich ein Einfluss auf die Leistung (Reaktionszeiten und Anzahl richtiger Reaktionen) zeigt. Diese Interpretation stützt die Idee einer automatischen Verarbeitung des gesamten visuellen Feldes anstatt alleinig dem Zentrum der Aufmerksamkeit. Bressan und Pizzighello (2008) schlagen vor, dass ein Objekt welches unentdeckt bleibt, trotzdem einen Zustand von Wachsamkeit erzeugen kann. Dieser Zustand erhöhter Wachsamkeit kann wiederum in einer Verlagerung der Aufmerksamkeit resultieren. Die Verlagerung der Aufmerksamkeit auf das unerwartete und unentdeckte Objekt kann durch eine ressourceneinnehmende hohe perzeptuelle Belastung durch eine Parallelaufgabe verhindert werden (was die Entdeckung des Objektes verhindert). Nichtsdestotrotz ist es auch im Falle einer relativ hohen perzeptuellen Belastung durch eine Parallelaufgabe potenziell möglich, dass ein Teil der Aufmerksamkeitsressourcen auf den unentdeckten Reiz übertragen wird. Dieser kann dann entsprechend wie in den vorliegenden Experimenten gezeigt, durch die vorbewusste Verarbeitung Einfluss auf die Leistung in der Primäraufgabe nehmen (Bressan & Pizzighello, 2008).

Eine nähere Betrachtung verwandter Studien, die einen Effekt perzeptueller Belastung auf die Verarbeitung unerwarteter Objekte fanden (z. B. Calvillo & Jackson, 2014; Murphy & Greene, 2016) und solche die diesen nicht fanden (z. B. Koivisto & Revonsuo, 2009; Lathrop et al., 2011), liefern Hinweise dafür, dass die Passung vom unerwarteten Objekt zum aktuellen situationalen Zielfokus einer Person relevant für die Verarbeitungstiefe des Objektes sein könnte. Koivisto und Revonsuo (2009) demonstrierten in ihrer Studie, dass aufgabenirrelevante Reize, unabhängig von der perzeptuellen Belastung durch die Primäraufgabe, immer dann ins Bewusstsein gelangen, wenn ihre Bedeutung relevant für die Aufgabe der beobachtenden Person ist (siehe auch Konzept

des *Attentional Sets*; Folk et al., 1992). Durch ihre Relevanz werden die Objekte so stark verarbeitet, dass sie trotz der hohen Anforderungen der Aufgabe entdeckt werden. In den hier vorgestellten Studien hat die große Ähnlichkeit zwischen dem unerwarteten Reiz und dem Zielreiz (beides Zahlen) womöglich die Relevanz des unerwarteten Reizes derart erhöht, dass selbst unter hoher perzeptueller Belastung die Verarbeitung ausreichend intensiv war, um einen Interferenzeffekt hervorzurufen.

2.3.3 Fazit und Ausblick

Die Befunde zeigen, dass Reaktionen auf einen Zielreiz durch ein unerwartetes Objekt beeinflusst werden können, auch wenn das Objekt nicht bewusst wahrgenommen wird. Der daraus resultierende Interferenzeffekt manifestiert sich sowohl in der Reaktionsgeschwindigkeit als auch der Fehlerrate der Reaktionen in der Primäraufgabe. Die vorgestellten Befunde können somit die Ergebnisse von Schnuerch und Kollegen (2016) zum Interferenzeffekt im Rahmen eines reaktionszeitbasierten Unaufmerksamkeitsblindheits-Paradigmas replizieren und auf Fehlerraten als abhängige Variable ausweiten. Abweichend von den formulierten Erwartungen finden sich jedoch keine Hinweise dafür, dass der beobachtete Effekt durch die perzeptuelle Belastung moduliert wird. Die vorliegenden Ergebnisse deuten vielmehr darauf hin, dass aufgabenunabhängigen Reizen mehr Aufmerksamkeitsressourcen zugeordnet werden könnten als ursprünglich durch die perzeptuelle Belastungstheorie angenommen (Lavie et al., 2014); die vorbewusste Verarbeitung scheint auch unter höherer perzeptueller Belastung stattzufinden.

2.4 Forschungsfrage Ic - Auswirkungen vorbewusster Verarbeitung auf die Evaluation des unentdeckten Reizes

Bisherige Forschung zur vorbewussten Verarbeitung liefert Hinweise darauf, dass unter Unaufmerksamkeitsblindheit sowohl perzeptuelle Verarbeitung (z. B. Lathrop et al., 2011), als auch semantische Verarbeitung stattfinden kann (z. B. Schnuerch et al., 2016). Die durchgeführte Metaanalyse zeigt, dass die vorbewusste Verarbeitung von Reizen Auswahlentscheidungen in Bezug auf deren Eigenschaften beeinflussen kann: Die Eigenschaften des Reizes wurden vorbewusst verarbeitet, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Antwort höher als die reine Ratewahrscheinlichkeit ausfällt. Weiterhin wurde in zwei Experimenten repliziert, dass die

vorbewusste Verarbeitung einen Einfluss auf Reaktionsgeschwindigkeit und -genauigkeit haben kann. Ein nächster Schritt soll untersuchen, ob die vorbewusste Verarbeitung eines Reizes auch einen Einfluss auf dessen Evaluation haben kann, also bewusste affektive Urteile über den Reiz beeinflusst.

2.4.1 Präferenzen für wiederholt dargebotene Reize - der *mere exposure*-Effekt

Allein die wiederholte Darbietung eines Reizes kann in einer erhöhten Präferenz für ebendiesen resultieren - ein Phänomen, das in der Forschung als *mere exposure*-Effekt bezeichnet wird (Zajonc, 1968). Frühe Ansätze postulieren, dass durch die wiederholte Darbietung des Reizes die Vertrautheit mit diesem Reiz steigt. Mit zunehmender Vertrautheit steigt wiederum der mit dem Reiz assoziierte positive Affekt (Zajonc, 1968). Die exakten Entstehungszusammenhänge und -ursachen des *mere exposure*-Effekts sind jedoch bis heute nicht vollständig geklärt (Montoya et al., 2017). Eine Vielzahl von Studien deutet darauf hin, dass die positive Evaluation der wiederholt dargebotenen Reize nicht zwangsläufig mit einer erhöhten Wiedererkennung einhergeht beziehungsweise auch unterschwellig dargebotene Reize einen *mere exposure*-Effekt hervorrufen können (z. B. Kunst-Wilson & Zajonc, 1980; Murphy & Zajonc, 1993). Diese Befunde zeigen auf, dass die erlebte Vertrautheit nicht bewusst sein muss beziehungsweise eine bewusste Wahrnehmung des Reizes keine notwendige Voraussetzung für das Auftreten des *mere exposure*-Effektes darstellt (z. B. Hansen & Wänke, 2009; Seamon et al., 1983, 1984). Zajonc (1980) schlägt vor, dass Affekt und Kognition voneinander unabhängige Prozesse darstellen, weshalb affektive Präferenzen auch ohne den Einfluss bewusster Wahrnehmung entstehen können. Metaanalytische Befunde deuten sogar darauf hin, dass unbewusste *mere exposure*-Effekte insgesamt stärker ausfallen als bewusste *mere exposure*-Effekte (Bornstein, 1989; Bornstein & D'Agostino, 1992).

Bisherige Studien, die unbewusste *mere exposure*-Effekte untersuchen, betrachteten dabei vor allem Reize, die zwar im gezielten Fokus der Aufmerksamkeit standen, aber unterhalb der Wahrnehmungsschwelle präsentiert wurden (z. B. Seamon et al., 1983, 1983, 1984). Gemäß der Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraums handelt es sich hierbei um subliminale Verarbeitungsprozesse (Dehaene et al., 2006). Präferenzen für einen Reiz können also ohne Bewusstsein entstehen. Offen bleibt, ob sie auch ohne Aufmerksamkeit entstehen können. Konkret stellt sich die Frage, ob sich auch durch vorbewusste Verarbeitung, im Zuge einer wiederholten

Präsentation überschwelliger Reize unter Abwesenheit gezielter Aufmerksamkeit ein *mere exposure*-Effekt formen kann. Anders als im Falle subliminaler Verarbeitung ist nicht die kurze Darbietungsdauer der Grund warum die Teilnehmenden die Reize bei vorbewusster Verarbeitung nicht bewusst wiedergeben können, sondern die Ausrichtung der Aufmerksamkeit der Person auf eine andere Aufgabe während der kritische Reiz im Blickfeld erscheint. Diese Frage ist von besonderer Bedeutung, da die Verarbeitung salienter, aber aufgrund von Unaufmerksamkeit unentdeckter Reize eine deutlich höhere Alltagsrelevanz aufweist als die Verarbeitung unterschwelliger Reize im Fokus der Aufmerksamkeit: Während die Erkenntnisse zur Verarbeitung unterschwelliger Reize vor allem in gezielten digitalen Marketingsituationen Anwendung finden könnten, zeigen Studien zu Unaufmerksamkeitsblindheit Konsequenzen in vielen Bereichen wie Verkehr, Medizin und Sport auf (siehe z. B. Chabris et al., 2011 oder Furley et al., 2010 sowie Kapitel 1.3).

Erste Erkenntnisse zu der hier untersuchten Forschungsfrage entstammen dem Bereich der Marketing- und Konsumforschung: In einer Studie wurden aufgabenirrelevante Reize (Markennamen) überschwellig (und somit sichtbar) im peripheren visuellen Feld von Versuchspersonen permanent platziert, während die Versuchspersonen eine Aufgabe im zentralen Sichtfeld bearbeiteten. Trotz der nur limitierten Menge an gerichteter Aufmerksamkeit konnte ein *mere exposure*-Effekt für Markennamen gezeigt werden (siehe Fang et al., 2007; Janiszewski, 1990). Den bisherigen Untersuchungen ist gemein, dass unklar bleibt, wie viel oder wenig gerichtete Aufmerksamkeit tatsächlich auf den untersuchten Reizen lag, die den *mere exposure*-Effekt hervorrufen sollten (Fang et al., 2007; Janiszewski, 1990). Eine Studie, bei der keinerlei zielgerichtete Aufmerksamkeit auf diesen Reizen liegt, kann durch die Verwendung eines Unaufmerksamkeitsparadigmas umgesetzt werden und erlaubt klarere Einblicke in die Entstehung eines möglichen vorbewussten *mere exposure*-Effektes.

2.4.2 Beantwortung der Forschungsfrage Ic

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurden drei Laborexperimente durchgeführt, welche einen möglichen Einfluss mehrfach dargebotener und vorbewusst verarbeiteter Reize auf die Präferenz für ebendiese Reize untersuchen (Publikation III). Die durchgeführten Experimente untersuchten die Entstehung eines *mere exposure*-Effektes unter streng kontrollierten Bedingungen:

Die Unaufmerksamkeit für den kritischen Reiz (Kontrolle der Einhaltung der Primäraufgabe auf welche die gezielte Aufmerksamkeit gerichtet werden sollte) sowie die grundsätzliche Wahrnehmbarkeit der verwendeten kritischen Reize (Kontroll-Durchgänge unter voller Aufmerksamkeit sowie Sehtests) wurden mit Hilfe verschiedener zusätzlicher Testverfahren überprüft. Um sicherzustellen, dass potenzielle Präferenzeffekte sicher auf die implementierte experimentelle Manipulation und nicht auf Unterschiede in der Ausgangslage zurückzuführen sind, wurden zusätzlich neutrale Reize verwendet. Die Valenz und Vertrautheit aller ausgewählten Reize, Kunstworte und Symbole wurden in umfangreichen Voruntersuchungen getestet.

Zur Durchführung der Studie wurde das bereits zur Beantwortung der Forschungsfrage Ib verwendete Paradigma von Schnuerch und Kollegen (2016) in erneut abgewandelter Form verwendet (siehe Abbildung 4). Das Paradigma ermöglicht im Vergleich zu klassischen Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit eine mehrfache Darbietung des unerwarteten Objektes. Weiterhin liefern die bereits durchgeführten Experimente Evidenz für eine vorbewusste Verarbeitung der unerwarteten und unentdeckten Reize innerhalb dieses Paradigmas. Sowohl die mehrfache Darbietung als auch die vorbewusste Verarbeitung des Reizmaterials innerhalb des Paradigmas

sind wichtige Voraussetzungen für die Untersuchung eines möglichen vorbewussten *mere exposure*-Effekts.

Entgegen unserer Erwartung zeigt sich jedoch in den drei Experimenten kein vorbewusster

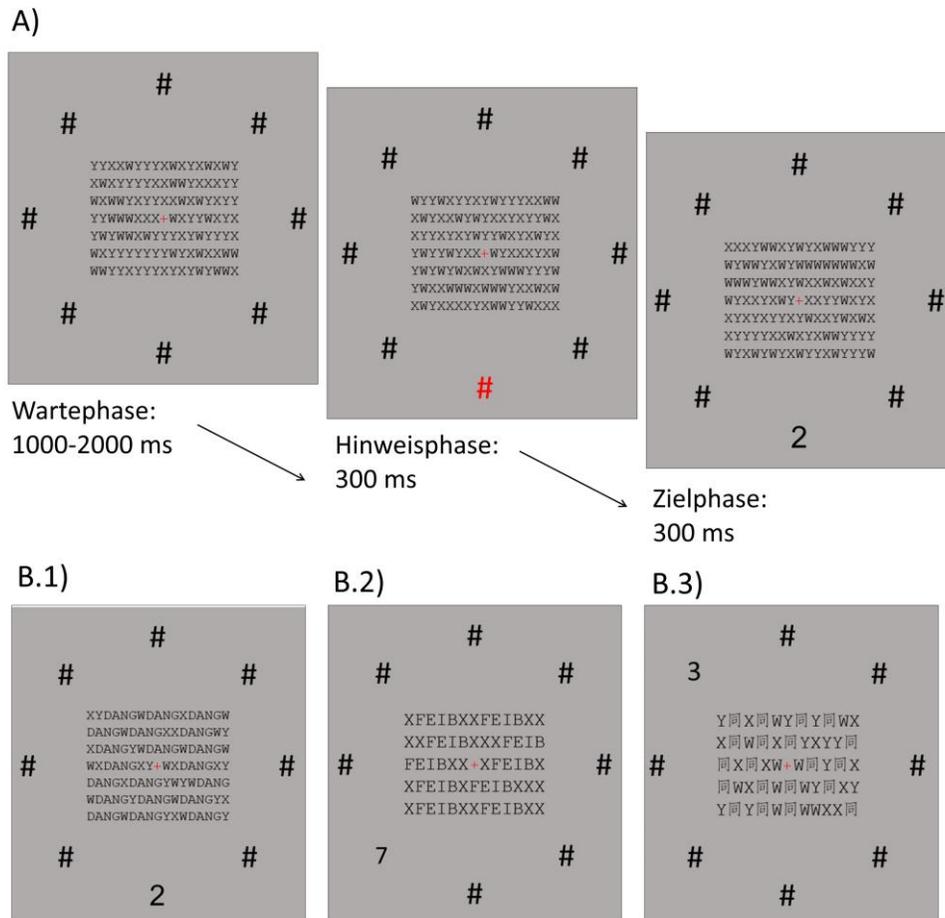


Abbildung 4. Schematische Darstellung des experimentellen Designs. (A) Die drei Phasen eines unkritischen Durchgangs. In der Wartephase wird der Ausgangsbildschirm präsentiert. In der Hinweisphase leuchtet eines der acht Hashtags rot auf. In der Zielphase erscheint an genau dieser Stelle eine Zahl, die so schnell und akkurat wie möglich als kleiner oder größer 5 kategorisiert werden soll. (B) Zielphase eines kritischen Durchgangs, in welchem in dem Buchstabenfeld aus X, W und Y in der Mitte des Bildschirms ein unerwartetes Objekt (Kunstwort oder Symbol) erscheint; B.1) in Experiment 1 (DANG oder EROM), B.2) Experiment 2 (FEIB oder MUNS), B.3) Experiment 3 (eins von zwei chinesischen Symbolen).

mere exposure-Effekt: Im ersten Experiment werden die vorbewusst verarbeiteten Kunstworte nicht als ansprechender oder vertrauter bewertet als die nicht präsentierten Kontroll-Kunstworte

und wurden in einer selbstbestimmten Rangreihe aus Kunstworten auch nicht höher präferiert als die Kontrollworte. Eine mögliche Erklärung für den fehlenden Effekt im ersten Experiment war, dass die Kunstworte innerhalb des zentralen Buchstabenfeldes nicht salient genug hervorstachen. Als weitere Ursache wurde die insgesamt im Schnitt zu positive Ausgangsbewertung der Kunstworte in Betracht gezogen: Anhand der Voruntersuchung wurden Reize gewählt, die im Ranking im mittleren Beliebtheitsbereich abschnitten. Eine im zweiten Experiment durchgeführte Replikation der Untersuchung mit salienter präsentierten Kunstworten (größere Darstellung und deutlicheres Hervorstechen durch die Anpassung des Buchstabenfeldes), die außerdem in der Vorstudie weniger beliebt waren, liefert erneut keinen Hinweis auf einen vorbewussten *mere exposure*-Effekt. In einem dritten Experiment wurden chinesische Symbole anstelle von Kunstworten verwendet. Diese setzen kein Zusammenfügen verschiedener Buchstaben zu einem Wort voraus und können daher möglicherweise leichter verarbeitet werden. Auch in diesem dritten Experiment zeigt sich jedoch kein *mere exposure*-Effekt. Aufgrund signifikanter Unterschiede in der Reaktionszeit zwischen den kritischen und unkritischen Durchgängen über die Experimente hinweg ist dennoch anzunehmen, dass eine vorbewusste Verarbeitung der Reize stattfindet. Diese scheint jedoch nicht ausreichend stark zu sein, um einen *mere exposure*-Effekt hervorzurufen.

Stimmt ein bisher unentdeckter Reiz mit dem *Attentional Set* einer Person überein, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diesem Reiz Aufmerksamkeits- und Verarbeitungskapazitäten zugewiesen werden und er im Zuge dessen womöglich sogar die Schwelle der Wahrnehmung übersteigt (Koivisto & Revonsuo, 2009; Most et al., 2000). Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Annahme auch dann gelten könnte, wenn die Reize unterhalb der bewussten Wahrnehmung bleiben: In der vorliegenden Studie war das unerwartete Objekt nicht relevant für die Primäraufgabe und daher vermutlich auch nicht Teil des aktuellen *Attentional Set*. In dem Originalparadigma von Schnuerch und Kollegen (2016), an welches sich die durchgeführte Studie anlehnt, gehörten Zielreiz und kritischer Reiz zum selben *Attentional Set* (beides Zahlen). Dementsprechend fand dort möglicherweise eine stärkere vorbewusste Verarbeitung der unentdeckten kritischen Reize statt als in der vorliegenden Studie.

Frühere Studien, die bereits mehrfach unbewusste *mere exposure*-Effekte aufzeigten, verwendeten dabei subliminale Reize: Die subliminalen Reize lagen im Fokus der Aufmerksamkeit und wurden deshalb nicht bewusst wahrgenommen, weil sie durch ihre kurze Präsentationsdauer

unbewusst blieben (z. B. Kunst-Wilson & Zajonc, 1980; Seamon et al., 1983). In den vorliegenden Studien sind die Reize zwar deutlich salienter im Sichtfeld der Versuchspersonen, dafür aber außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus. Insgesamt legen die bisherigen Befunde also die Schlussfolgerung nahe, dass die gerichtete Aufmerksamkeit bei der Entstehung eines *mere exposure*-Effekts möglicherweise eine bedeutendere Rolle einnimmt als die Stärke des Reizes (siehe dazu Huang & Hsieh, 2013; Yagi, Ikoma, & Kikuchi, 2009).

2.4.3 Fazit und Ausblick

Die Studienergebnisse legen nahe, dass eine wiederholte Darbietung von Reizen allein nicht zu erhöhtem positiven Affekt beziehungsweise einer erhöhten Präferenz führt, sondern ein gewisses Mindestmaß an gerichteter Aufmerksamkeit für den Reiz vonnöten ist. Für die gezielte Ansprache von Personen mit bestimmtem Reizmaterial (z. B. im Bereich der Platzierung von Bannern und anderen Werbemitteln während einer Sportveranstaltung) lässt sich daraus schlussfolgern, dass entsprechendes Material so platziert werden sollte, dass zumindest ein Teil der Aufmerksamkeit auf die entsprechende Werbung fällt (siehe auch Janiszewski, 1990).

Zukünftige Studien sollten die Rolle des *Attentional Set* auf die Stärke vorbewusster *mere exposure*-Effekte untersuchen, um mögliche praktische Implikationen bezüglich der Passung von Werbemitteln auf die aktuelle Ausrichtung der Aufmerksamkeit von Zielgruppen abzuleiten. Weiterhin würde eine Replikation subliminaler *mere exposure*-Befunde innerhalb des vorliegenden experimentellen Designs ermöglichen, die generelle Eignung des Paradigmas zur Erzeugung unbewusster *mere exposure*-Effekten abzusichern. Hierfür wäre lediglich eine einfache Abwandlung des Paradigmas (z. B. Präsentation subliminaler Reize während der Hinweisphase in einem Bereich, auf den die Aufmerksamkeit gerichtet ist) vonnöten. Eine solche Adaptation würde den Anwendungskontext des Paradigmas für die Untersuchung unbewusster *mere exposure*-Effekte erweitern sowie eine weitreichendere Beurteilung der vorliegenden Nullbefunde ermöglichen. Aus diesen Untersuchungen ließe sich die Schlussfolgerung ableiten, dass wenn weder willentliche (wie bei Priming) noch automatische (hervorgerufen durch eine Passung zum aktuellen *Attentional Set*) Zuwendung von Aufmerksamkeitsressourcen auf den kritischen Reiz stattfindet, die unbewusste Verarbeitung nicht ausreicht, um einen *mere exposure*-Effekt auszulösen.

3 Forschungsfrage II – verzerrte visuelle Wahrnehmung durch affektinduzierte lateralisierte Aktivierung

Die zweite im Rahmen dieser Dissertation untersuchte Forschungsfrage beschäftigt sich mit einer möglichen Wahrnehmungsverzerrung als Konsequenz gerichteter Aufmerksamkeitsorientierung auf ein Objekt, dem *Pseudoneglect*. Im Gegensatz zur ersten Forschungsfrage befindet sich das interessierende Objekt selbst im Zentrum der Aufmerksamkeit und wird bewusst wahrgenommen. Im Folgenden wird mit zwei Formen der *Linienhalbierungsaufgabe* der Pseudoneglect gemessen sowie die affektive motivationale Orientierung als potenzieller Einflussfaktor auf diese Wahrnehmungsverzerrung untersucht.

3.1 Das Phänomen Pseudoneglect

Die Entstehung des *Pseudoneglects* geht auf eine unterschiedliche Aktivierung der Hirn-Hemisphären zurück: Die Aktivierungs-Orientierungs-Hypothese besagt, dass eine größere Aktivierung in einer Hemisphäre relativ zur anderen Hemisphäre in einer Aufmerksamkeitsverzerrung im gegenüberliegenden visuellen Feld resultiert (Kinsbourne, 1970). Die erhöhte Zuwendung von Aufmerksamkeit wiederum führt zu einer relativen Überbewertung des im Aufmerksamkeitsfokus stehenden Objektes (Chatterjee et al., 1992; Milner et al., 1992), die in der als *Pseudoneglect* bekannten Wahrnehmungsverzerrung resultiert.

Die in der Aktivierungs-Orientierungs-Hypothese angesprochene laterale hemisphärische Aktivität ist neben bildgebenden Verfahren (Canli et al., 1998) auch indirekt über die Messung der Alpha-Aktivität im EEG beobachtbar (Harmon-Jones, 2003). Schnellere und einfachere Maße lateralisierter hemisphärischer Aktivität versprechen einfache Verhaltensmaße wie die sogenannte Linienhalbierungsaufgabe (Bowers & Heilman, 1980; Jewell & McCourt, 2000). Bei der Linienhalbierungsaufgabe müssen Personen horizontale Linien in der Mitte teilen. Da solche visuellen nonverbalen Aufgaben dominanterweise in der rechten Hemisphäre prozessiert werden, kommt es im gegenüberliegenden linken visuellen Feld zu einer verstärkten Aufmerksamkeit und somit einer Überbewertung dieses Bereiches; der links vom Mittelpunkt befindliche Teil der Linie wird relativ gesehen als länger wahrgenommen. Infolge dieser Wahrnehmungsverzerrung wird der Mittelpunkt der Linie als weiter links wahrgenommen. Gilt es die Linie am Mittelpunkt in zwei gleich lange Teile zu teilen, erfolgt diese Teilung relativ gesehen an einem Punkt der Linie der sich

links vom objektiven Mittelpunkt der Linie befindet. Bisherige Forschung zeigt, dass die lateralisierte hemisphärische Aktivierung robust durch die Linienhalbierungsaufgabe gemessen werden kann (Jewell & McCourt, 2000). Neben der klassischen Linienhalbierungsaufgabe gibt es auch Abwandlungen, wie die *Landmark*-Aufgabe. Anstatt den Mittelpunkt einer Linie zu markieren, wird die Linie mit bereits eingezeichnetem Mittelpunkt präsentiert und die Aufgabe besteht darin, die längere Seite zu bestimmen (Gasper & Middlewood, 2014). Der Vorteil dieser Aufgabe gegenüber der klassischen Linienhalbierungsaufgabe liegt in ihrer Unabhängigkeit von motorischen Prozessen, da Abweichungen aufgrund motorischer Fehler beim Einzeichnen ausgeschlossen werden können. Da die Linie schon geteilt ist, erlaubt die *Landmark*-Aufgabe allerdings im Gegensatz zur Linienhalbierungsaufgabe keine Erfassung des Ausmaßes der Verzerrung.

3.2 Sportpraktische Implikationen des Pseudoneglects

Der *Pseudoneglect* wird als alltägliches Phänomen verstanden, welches jeden Menschen betrifft. In seinem Ausmaß bleiben diese Verzerrungen im Alltag (abgesehen von einem gelegentlich angestoßenen Ellenbogen im Türrahmen) zumeist jedoch ohne weitreichende Konsequenzen. In anderen Bereichen ist der Maßstab an die Genauigkeit und Präzision jedoch deutlich höher gesetzt als im Alltag - dies trifft beispielsweise auf den Leistungssport zu. Beim Golf, Dart oder Bogenschießen können kleinste Abweichungen vom Ziel über Sieg oder Niederlage entscheiden. Dementsprechend spielen Aufmerksamkeitsverzerrungen wie der *Pseudoneglect* im Sportkontext eine bedeutendere Rolle als im Alltag.

Einige Forscher*innen nehmen an, dass Aufmerksamkeitsverzerrungen wie der *Pseudoneglect* vor allem bei präzisionsbasierten Sportarten eine Rolle spielen. In einer Studie zum Golfen fand sich beispielsweise ein Zusammenhang zwischen der Größe des *Pseudoneglects* in einer Linienhalbierungsaufgabe und der Einloch-Leistung (Roberts & Turnbull, 2010). Eine Studie mit Bogenschütz*innen zeigten in zwei Experimenten, dass erfahrene Bogenschützen einen geringeren *Pseudoneglect* in einer Linienhalbierungsaufgabe aufwiesen als eine Kontrollgruppe (Forte, 2016). Anderen Forschungsgruppen gelang auch die Übertragung auf bestimmte Bewegungen in offenen Sportarten: In einer Untersuchung von durchgeführten Torschüssen sowie dem Anzeigen der Mitte zwischen zwei Torpfosten, konnte experimentell eine rechtsseitige

Verzerrung aufgezeigt werden, auf die es auch bei der Auswertung von Torschüssen in realen Spielsituationen Hinweise gab (Nicholls et al., 2010).

Da der *Pseudoneglect* durch eine lateralisierte hemisphärische Aktivierung ausgelöst wird, stellt sich die Frage ob auch andere lateralisierte Zustände, vermittelt über das relative Aktivierungsübergewicht in einer Hemisphäre, zu einer Verzerrung in Form eines *Pseudoneglects* führen können. Ein im Sport entscheidender Faktor könnte die Annäherungs- oder Vermeidungsmotivation des oder der Sportler*in darstellen. Studien zeigen, dass verschiedene motivationale Zustände menschliche Aufmerksamkeitsprozesse, wie beispielweise die Distanzwahrnehmung, beeinflussen können (Balcetis, 2016; Hüttermann & Memmert, 2015). Befunde legen nahe, dass Annäherungs- und Vermeidungsmotivation das Gehirn lateralisiert aktivieren; die linke Hemisphäre ist spezialisiert auf Annäherungsverhalten und die rechte Hemisphäre auf Vermeidungsverhalten (Gable & Poole, 2014; Nash et al., 2010; Spielberg et al., 2013). Die bisherige Forschung zeigt, dass motivationale Zustände zu asymmetrischen Aktivierungen im Gehirn führen (z. B. Nash et al., 2010). Diese zerebralen Asymmetrien generieren Aufmerksamkeitsfehler, die wiederum möglicherweise durch einfache Verhaltensmaße wie die Linienhalbierungsaufgabe messbar sind (Jewell & McCourt, 2000).

Die Untersuchung realer Szenarien liefert erste Hinweise in diese Richtung: Eine Analyse der stattgefundenen Elfmeterschießen bei einer FIFA Weltmeisterschaft zeigt, dass Torhüter zweimal wahrscheinlicher nach rechts sprangen als nach links, wenn ihre Mannschaft hinten lag. Ein Rückstand beim Elfmeterschießen wurde als Situation interpretiert, die Annäherungsmotivation im Torwart hervorruft. Diese Annäherungstendenz könnte durch die mit ihr einhergehende verstärkte links-lateralisierte Aktivierung zu einer Wahrnehmungsverzerrung und mithin zu einer Priorisierung der rechten Seite geführt haben (Roskes et al., 2011). Eine Replikationsstudie, welche die Daten anders kodierte, sowie neue Daten erhob und analysierte, konnte diesen Befund allerdings nicht replizieren (Price & Wolfers, 2014). Ob die aktuelle motivationale Orientierung der Torhüter also einen *Pseudoneglect* verursachen kann, bleibt fraglich. Im Rahmen der zweiten Forschungsfrage dieser Dissertation soll dem Zusammenhang zwischen aktueller motivationaler Orientierung und räumlicher Verzerrung in der Linienhalbierungsaufgabe mittels drei experimenteller Laborstudien nachgegangen werden.

3.3 Beantwortung der Forschungsfrage II

Die Linienhalbierungsaufgabe könnte ein einfaches und nützliches Messinstrument von Annäherungs- und Vermeidungsmotivation darstellen, welches eine hohe Anwendungsrelevanz für die Forschung sowie die Praxis mit sich bringt. Die bisherige Befundlage zur Linienhalbierungsaufgabe als Maß für die motivationale Ausrichtung ist jedoch uneinheitlich: Einige Studien fanden Hinweise darauf, dass die Linienhalbierungsaufgabe als Maß für die motivationale Orientierung dienen könnte (z. B. Nash et al., 2010), andere fanden dies nicht (Leggett et al., 2016).

Situationen im direkten Sportkontext verfügen zwar über eine größere ökologische Validität, die interessierenden Variablen sind dort jedoch wesentlich schwerer zu kontrollieren und zu messen als in einem Laborsetting. Einer alltagsnahen Untersuchung wie beispielsweise im Sportkontext soll daher in einem ersten Schritt eine Untersuchung der Fragestellungen im Laborkontext vorausgehen. Im Anschluss kann eine Übertragung auf realitätsnähere Settings aufschlussreich sein. Für die vorliegende Arbeit wurden drei Experimente mit hoher Teststärke und unterschiedlichen Manipulationen der Motivation sowie verschiedenen Operationalisierungen der Linienhalbierungsaufgabe durchgeführt. Dabei wurde untersucht, ob sich eine experimentell induzierte Annäherungs- und Vermeidungsmotivation in einer verzerrten räumlichen Wahrnehmung bei der Linienhalbierungsaufgabe widerspiegelt und messen lässt. Die in der Studie hervorgerufenen positiven beziehungsweise negativen Emotionen sollen die Annäherungs- beziehungsweise Vermeidungsmotivation und damit die lateralisierte Hirnaktivität modulieren. Diese Modulation der Hirnaktivität sollte sich wiederum in dem Ausmaß des Fehlers in der Linienhalbierungsaufgabe niederschlagen.

Affektive Zustände, und damit einhergehend auch die motivationale Orientierung, können auf verschiedene Weise manipuliert werden. Frühere Evidenzen legen nahe, dass das Hören von fröhlicher oder trauriger Musik den subjektiven emotionalen Zustand beeinflussen kann (Hausmann et al., 2016) und zu unterschiedlicher neuronaler Aktivität führt (Schmidt & Trainor, 2001). Eerland und Kollegen (2012) konnten in einer Studie zeigen, dass auch emotionale Bilder Annäherungs- und Vermeidungsmotivation auslösen: Teilnehmende neigten auf einem Balance Board den Körper bei positiven Bildern leicht nach vorn (Annäherung) und bei negativen Bildern zurück (Vermeidung), was als Hinweis für die erfolgreiche Induktion von Annäherungs- und

Vermeidungsmotivation interpretiert wurde (Eerland et al., 2012). Auch Videos eignen sich zur Induzierung von Emotionen (Westermann et al., 1996) und für die daraus resultierende Untersuchung visueller Aufmerksamkeitsprozesse (Fredrickson & Branigan, 2005).

Der Ablauf der drei Experimente war jedes Mal gleich: In jedem Experiment wurde zunächst die Linienhalbierungsaufgabe oder die *Landmark*-Aufgabe als Baseline-Messung durchgeführt. Dabei indizierten die Versuchspersonen bei einer Reihe von Linien durch Einzeichnen die Mitte der Linie (Linienhalbierungsaufgabe) oder gaben an, welche Seite der vorab geteilten Linie größer war (*Landmark*-Aufgabe). Anschließend wurde die Induzierung von Stimmung durch Musik, Bilder, oder Videos durchgeführt. Im Anschluss führten die Versuchspersonen erneut die Linienhalbierungsaufgabe beziehungsweise die *Landmark*-Aufgabe aus. Abschließend wurde ein Manipulationscheck der Stimmung durchgeführt. Die durchgeführten Manipulationschecks ergaben, dass die Stimmung der Teilnehmenden erfolgreich in die positive und negative Richtung manipuliert wurde. Die Ergebnisse zeigen jedoch trotzdem keinen signifikanten Effekt der Stimmung auf die räumliche Wahrnehmungsverzerrung in der Linienhalbierungsaufgabe und der *Landmark*-Aufgabe. Entgegen der formulierten Erwartung lag keine signifikante Verzerrung der Wahrnehmung nach der Stimmungsinduktion im Vergleich zur Baseline-Messung in die angenommene Richtung vor. Die Befunde legen die Schlussfolgerung nahe, dass die Verzerrung der räumlichen Wahrnehmung in der Linienhalbierungsaufgabe kein ausreichend sensibles Maß für die durch positive und negative Emotionen induzierte Annäherungs- und Vermeidungsmotivation darstellt.

3.4 Fazit und Ausblick

Die Befunde der vorliegenden Laborexperimente legen nahe, dass die Verzerrung der räumlichen Wahrnehmung in einfachen behavioralen Maßen wie der Linienhalbierungsaufgabe oder der *Landmark*-Aufgabe kein sensibles Maß für die durch positive und negative Emotionen induzierte motivationale Orientierung zu sein scheint. Dieser Befund könnte darin begründet liegen, dass die erzeugte Motivation eine zu schwache asymmetrische Aktivität der Hemisphären erzeugt hat oder diese Aktivität wiederum eine zu schwache Auswirkung auf das Verhalten in den untersuchten Aufgaben hervorgerufen hat. Die erfolgreiche Induktion lateralisierter Aktivierung sollte in zukünftigen Studien mittels lokaler Alpha-Aktivität im EEG validiert werden, um sicherzustellen,

dass die induzierte Stimmung überhaupt in einer lateralisierten Aktivität resultiert (z. B. Sutton & Davidson, 1997). Erst anschließend können geeignete Verhaltensmaße identifiziert werden, die mit dieser lateralisierten Aktivierung einhergehen.

Die Befunde sprechen insgesamt dafür, dass das Auftreten und Ausmaß räumlich-visueller Verzerrungen von einer Vielzahl von Faktoren abhängen. Dieser Umstand erklärt die insgesamt uneinheitliche Forschungslage über Faktoren und Anwendungsfälle des *Pseudoneglects* (Jewell & McCourt, 2000). Zukünftige Studien sollten den Fokus auf die Replikation bisher gefundener Effekte beziehungsweise die Identifizierung wichtiger Faktoren für die Entstehung der untersuchten Wahrnehmungsverzerrung legen (Cattaneo et al., 2014; Hausmann et al., 2016; McGregor et al., 2010). Diese Forderung gilt insbesondere für die Induzierung von Affekt und motivationaler Orientierung: Im Sportkontext führt eine im Sportspiel verhaltensnähere Manipulation der motivationalen Orientierung möglicherweise zu einer stärkeren motivationalen Aktivierung und somit auch hemisphärischen Lateralisierung. Weiterhin sollte zukünftige Forschung anhand einer konkreten Zielsetzung solche Maße asymmetrischer Aktivierung untersuchen, die einen direkten Anwendungsbezug zum Untersuchungsgegenstand aufweisen, sodass Befunde unmittelbar auf die Zielsportart übertragbar sind (z. B. Schießen, Putten, Pfeilwurf). Die motivationale Orientierung könnte beispielsweise im Sinne eines *Promotions-* oder *Prevention-*Fokus manipuliert werden (siehe z. B. Hüttermann & Memmert, 2015), um anschließend die damit einhergehenden Auswirkungen auf Wahrnehmungsverzerrungen (z. B. beim Elfmeterschießen; Roskes et al., 2011) in bestimmten Situationen zu untersuchen.

4 Integration der Befunde und Implikationen

Dieses Kapitel soll eine Synthese der in der Dissertation vorgestellten Studien liefern und der Ableitung weiterer Implikationen dienen, die über die im Rahmen der einzelnen Fragestellungen bereits diskutierten Schlussfolgerungen hinausgehen. Zusätzlich werden Limitationen der vorliegenden Forschungsarbeit diskutiert, forschungsethische Überlegungen aufgeführt und ein übergreifender Ausblick für weitere Forschung in diesem Feld gegeben.

4.1 Zentrale Befunde der vorliegenden Arbeit

Das Ziel der Arbeit war es, neue Erkenntnisse zu aufmerksamkeitsbezogenen Verarbeitungsprozessen zu gewinnen. Tabelle 3 stellt die empirischen Antworten auf die zu Beginn gestellten Forschungsfragen, die im Rahmen der Dissertation gewonnen wurden, zusammenfassend dar.

Tabelle 3. *Zusammenfassende Beantwortung der adressierten Forschungsfragen*

Forschungsfrage	Empirische Befunde der vorliegenden Arbeit
<p><i>1a) Beeinflusst die vorbewusste Verarbeitung eines unerwarteten Objektes die Antwortgenauigkeit für bestimmte Charakteristika dieses Objektes?</i></p>	<p>In einer Metaanalyse mit 16 Datensätzen zeigte sich, dass die vorbewusste Verarbeitung unerwarteter und unentdeckter Objekte in einer erhöhten überzufälligen Antwortgenauigkeit für bestimmte Charakteristika dieser Objekte resultiert. Vorbewusste Verarbeitung zeigte sich in verschiedenen Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit. Besonders hoch war die Antwortgenauigkeit, wenn die Primäraufgabe und das unerwartete Objekt in verschiedenen Modalitäten präsentiert wurden. Die Verarbeitung war außerdem stärker für die Teilnehmenden, die das Objekt in einem zweiten kritischen Durchgang bemerkten als für die Teilnehmenden, die es auch nach erneuter Präsentation nicht bemerkten. Es konnte keine Assoziation der Verarbeitungstiefe des unerwarteten Objektes mit der Korrektheit der Primäraufgabe im ersten kritischen Durchgang festgestellt werden.</p>
<p><i>1b) Wird die vorbewusste Verarbeitung eines unerwarteten Objektes durch die perzeptuelle Belastung moduliert?</i></p>	<p>In zwei Experimenten wurde die vorbewusste Verarbeitung unerwarteter Objekte nicht durch die perzeptuelle Belastung moduliert. Der mit diesem Paradigma bereits gefundene Interferenzeffekt konnte in 3 von 4 Fällen repliziert werden und spricht für eine vorbewusste Verarbeitung der unentdeckten Objekte: Es zeigten sich in inkongruenten Durchgängen erhöhte Fehlerraten sowie verlangsamte Reaktionszeiten im Vergleich zu kongruenten Durchgängen. Es zeigten sich außerdem eine erhöhte Fehlerrate sowie verlangsamte Reaktionszeiten bei Durchgängen mit hoher perzeptueller im</p>

<p><i>Ic) Beeinflusst die vorbewusste Verarbeitung eines unerwarteten Objektes die subjektive Präferenz für dieses Objekt?</i></p>	<p>Vergleich zu niedriger perzeptueller Belastung. Entgegen unserer Erwartung konnte keine Interaktion zwischen dem durch vorbewusste Verarbeitung entstandenen Interferenzeffekt und der perzeptuellen Belastung der Primäraufgabe gezeigt werden.</p> <p>In drei Experimenten konnte die vorbewusste Verarbeitung unerwarteter Kunstworte und Symbole keine subjektive Präferenz für dieses Objekt auslösen. Die vorbewusst verarbeiteten Reize wurden nicht als ansprechender oder vertrauter bewertet als nicht präsentierte Kontrollreize und wurden in einer selbstbestimmten Rangreihe auch nicht höher präferiert als die Kontrollreize.</p>
<p><i>II) Beeinflusst die aktuelle affektinduzierte motivationale Orientierung die durch einfache Verhaltensmaße gemessenen Verzerrungen in der räumlichen Wahrnehmung?</i></p>	<p>In drei Experimenten zeigte die aktuelle affektinduzierte motivationale Orientierung keinen signifikanten Einfluss auf die durch einfache Verhaltensmaße gemessenen Verzerrungen in der räumlichen Wahrnehmung. In allen Experimenten fand eine erfolgreiche affektive Manipulation der Teilnehmenden durch Musik, Bilder und Videos statt. Die Affektmanipulation resultierte allerdings nicht in signifikanten Verzerrungen der räumlichen Wahrnehmung in den genutzten Verhaltensmaßen (die Linienhalbierungsaufgabe und die <i>Landmark</i>-Aufgabe).</p>

4.2 (Sport-)Praktische Implikationen der Befunde

Die gewonnenen Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit vertiefen unser Verständnis von Aufmerksamkeitsprozessen im Rahmen unbewusster Wahrnehmung und deren Auswirkungen auf unser Verhalten. Die Ergebnisse beziehen sich auf grundlegende Fragestellungen der Aufmerksamkeitsforschung und ihre Implikationen sind, wie in den einzelnen Kapiteln diskutiert, größtenteils von theoretischer Bedeutung für die untersuchten Phänomene und die Zusammenhänge verschiedener Forschungsstränge. Eine fundierte und theoretisch gut eingebettete Grundlagenforschung wie die in dieser Dissertation durchgeführten Studien, liefert Ergebnisse, auf deren Basis sich bereits diskutierte theoretische, aber auch anwendungsbezogene Überlegungen ableiten lassen. Alles in allem, unterstützt und erweitert die Arbeit bisherige Forschungsbefunde, die zeigen, dass anstelle einer Alles-oder-Nichts-Verarbeitung im Rahmen von Unaufmerksamkeit, stattdessen graduelle (möglicherweise sogar kontinuierlich stattfindende)

Verarbeitungsprozesse ablaufen. Die Arbeit untermauert, dass diese vorbewussten Verarbeitungsprozesse bereits vor Überschreiten der Schwelle zum Bewusstsein Konsequenzen für unser Denken und Handeln haben, womit auch praktische Implikationen einhergehen.

Die Metaanalyse verdeutlicht, dass vorbewusste Verarbeitung ausreicht, um die Genauigkeit intuitiver Auswahlentscheidungen zu beeinflussen. Weiterhin weisen die Ergebnisse der Metaanalyse darauf hin, dass die vorbewusste Verarbeitung von Reizen mit einer späteren Entdeckungsrate ebendieser Reize zusammenhängt. Die vorbewusste Verarbeitung war stärker für diejenigen Teilnehmenden, die den unerwarteten Reiz zumindest in einem zweiten kritischen Durchgang bemerkten, gegenüber denen, die dies nicht taten. Diese Befunde sind auch für den Sportkontext interessant, in dem Unaufmerksamkeitsblindheit beispielsweise bezüglich der Entdeckung freier Anspielstationen gezeigt wurde (z. B. Furley et al., 2010). Zukünftige Forschung könnte untersuchen, ob die Spieler*innen eine Anspielstation beim zweiten Mal eher entdecken, wenn durch eine ähnliche erste Situation eine mögliche Bahnung vorgenommen wurde. Diese Voraktivierung könnte möglicherweise sogar vor dem Spiel im Rahmen einer Aufwärmübung umgesetzt werden, die dann möglicherweise dazu führt, dass eine ähnliche Situation im Spiel eher wahrgenommen und gewinnbringend umgesetzt werden kann.

Die Metanalyse legt nahe, dass multimodale Reize besonders stark vorbewusst verarbeitet werden. Diese Erkenntnis liefert direkte praktische Implikationen beispielsweise für die Funktionsweise von Warnsystemen in Gefahrensituationen (z. B. beim Autofahren, aber auch beim Steuern anderer Verkehrsmittel oder größerer Maschinen): Die Befunde ermöglichen es, die Entwicklung derartiger Systeme in die richtige Richtung zu lenken, indem sie zeigen, dass eine multimodale anstelle einer rein visuellen Implementierung möglicherweise besser vom Menschen verarbeitet werden kann. Im Sportkontext lässt sich für die Kommunikation auf dem Spielfeld ableiten, dass es sich als freistehende*r Mitspieler*in lohnen könnte, verbal durch Rufen auf sich aufmerksam zu machen, anstatt nur visuell durch Handzeichen.

Eine weitere Erkenntnis, die sich aus den vorliegenden Befunden ableiten lässt, und die auch in Einklang mit bisheriger Forschung steht (Koivisto & Revonsuo, 2009; Kreitz, Furley, Memmert, et al., 2016; Most et al., 2001), bezieht sich auf das *Attentional Set* einer Person: Unerwartete Reize werden mutmaßlich besonders stark vorbewusst verarbeitet, wenn sie ins aktuelle *Attentional Set* der Person passen, sie also eine hohe Relevanz für die jeweilige Aufgabe aufweisen. Das

Attentional Set einer Person würde somit nicht nur einen wichtigen Prädiktor für das Auftreten von Unaufmerksamkeitsblindheit darstellen, sondern auch die Verarbeitung unterhalb der Wahrnehmungsschwelle modulieren. Die Befunde implizieren, dass die zu verarbeitenden Reize ins aktuelle *Attentional Set* passen sollten (z. B. Werbung abgestimmt auf Inhalte zu aktueller Sportveranstaltung) oder das *Attentional Set* selbst manipuliert werden sollte, sodass bestimmte Reize in dieses hineinpassen. Eine Möglichkeit, wie beispielsweise Trainer*innen das *Attentional Set* ihrer Spieler*innen lenken können, sind Instruktionen an die Spieler*innen. Die Art der Instruktionen kann dazu dienen, die Erwartungen der Spieler*innen zu formen, sodass seltene, aber wichtige Ereignisse auf dem Feld erwartet und somit besser verarbeitet und häufiger ausgenutzt werden können. Um die Breite des Aufmerksamkeitsfensters nicht zu schmälern, sollte darauf verzichtet werden, zu viele und zu spezifische taktische Informationen zu geben (siehe auch Memmert & Furley, 2007). So könnten Trainer*innen beispielsweise versuchen, das *Attentional Set* breit zu gestalten, damit die Spieler*innen offen bleiben für unerwartete Möglichkeiten auf dem Spielfeld und sich nicht zu stark auf die eingeübten Spielzüge zu verlassen. Durch gezielte Instruktionen könnte möglicherweise auch Wahrnehmungsverzerrungen, wie dem in Forschungsfrage II untersuchten *Pseudoneglect*, entgegengewirkt werden.

Im Profisportbereich sind nicht nur Spieler*innen, sondern auch Schiedsrichter*innen mitunter extremen Erwartungen hinsichtlich ihrer visuellen Wahrnehmung während eines Spiels ausgesetzt. Sie treffen auf dieser Basis Entscheidungen, die ausschlaggebend für den Verlauf eines Spiels sein können. Ein übersehenes Handspiel bei der Torerzielung kann im Fußball unter Umständen über Sieg oder Niederlage bei einer Weltmeisterschaft entscheiden. Das Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit hat gezeigt, dass wichtige Ereignisse auch im Sportkontext unentdeckt bleiben können (siehe z. B. Furley et al., 2010). Die Nutzung videobasierter Technologien kann in einzelnen unklaren Situationen Wahrnehmungsfehlern der Schiedsrichter*innen zu einem gewissen Grad entgegenwirken, ohne diesen die Interpretationshoheit einer Situation und die Verantwortung für das Spiel zu nehmen. Sie ermöglichen es den Schiedsrichter*innen, kritische Situationen erneut zu betrachten und dabei ihre Aufmerksamkeit auf bisher möglicherweise unentdeckte Aspekte der umstrittenen Situation zu lenken. Solche neuen Technologien gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie sind kein passives Werkzeug, sondern aktiver Begleiter im Leben des Menschen. Erkenntnisse aus der

Grundlagenforschung zu den Grenzen und Möglichkeiten menschlicher Wahrnehmung helfen zu verstehen, wie das menschliche Wahrnehmungssystem funktioniert und rechtfertigen damit den Nutzen technologischer Neuerungen, indem sie die Richtung bei der Weiterentwicklung dieser Systeme und ihrer Interaktion mit dem Menschen weisen.

4.3 Limitationen und Ausblick

Eine klare Einschränkung für die Generalisierung der Befunde ist die Tatsache, dass in allen Untersuchungen fast ausschließlich Studierende untersucht wurden. Obwohl die untersuchten Phänomene allgemeine Mechanismen darstellen, sollte eine Generalisierung auf weitere Teile der Bevölkerung oder spezielle Anwendungsgruppen eine zielgruppenorientierte Replikation der Befunde abwarten.

Eine weitere Limitation betrifft die durchgeführte Metaanalyse, für die ebenfalls alle Daten von einer Forschungsgruppe an der Deutschen Sporthochschule in Köln erzeugt wurden. Dieser Ansatz ist darin begründet, dass im Gegensatz zu vielen anderen Studien zur Unaufmerksamkeitsblindheit in allen durchgeführten Experimenten vergleichbare Multiple-Choice-Fragen verwendet wurden, um die Verarbeitung des unerwarteten Objektes zu untersuchen. Zudem konnte der Zugang zu den Rohdaten und ein tiefes Verständnis zu allen vorgestellten Daten sichergestellt werden. Dies ermöglichte umfassende Analysen sowie einzelne exploratorische Zusatzanalysen der Daten. Für die Robustheit der Befunde spricht auch, dass in die Metaanalyse Untersuchungen mit verschiedenen Methoden, darunter statische und dynamische Paradigmen, sowie multimodale Designs einfließen. Dennoch sollten die Ergebnisse als vorläufig betrachtet werden, und die Generalisierbarkeit in zukünftigen Studien sowie einer größeren umfassenderen Metanalyse unter Verwendung von Daten aus verschiedenen Forschungsgruppen untersucht werden. Insbesondere die Moderatoranalyse hinsichtlich der Studienmodalität (unimodales versus multimodales Design) sollte mit Vorsicht interpretiert werden, da lediglich zwei multimodale Studien in die Analyse einbezogen wurden. Nichtsdestotrotz bieten diese Befunde, wie in Kapitel 4.2 dargestellt, einen wichtigen Anstoß für zukünftige Forschungsprogramme.

Eine grundlegende Frage im Bereich der Unaufmerksamkeitsforschung, die auch unser Forschungsdesign betrifft, ist diejenige, ob das Versagen von Personen den unerwarteten Reiz zu berichten, wie angenommen auf einem Fehler bewusster Wahrnehmung oder aber auf einem

Fehler des Gedächtnisses beruht. Letztere Interpretation legt nahe, dass Unaufmerksamkeitsblindheit in manchen Fällen auch *Unaufmerksamkeitsamnesie* sein kann. Dies würde bedeuten, dass Personen den unerwarteten Reiz tatsächlich bewusst verarbeiten, ihn dann aber vergessen, bis sie dazu befragt werden (Wolfe, 1999). Da das kritische Objekt definitionsgemäß komplett unerwartet sein muss, können Personen nur ein einziges Mal dazu befragt werden. Dieser Umstand macht eine direkte Untersuchung dieser Frage schwierig. Nichtsdestotrotz spricht die indirekt gewonnene Evidenz eher gegen die Erklärung der Unaufmerksamkeitsamnesie: In bisherigen Studien zeigten sich Verbesserungen der Entdeckungsraten weder beim sofortigen Abbruch des Experiments nach dem Auftreten des unerwarteten Reizes (Becklen & Cervone, 1983), noch bei der Verwendung sehr außergewöhnlicher, unerwarteter Objekte (z. B. Person mit buntem Schirm oder Gorilla), bei denen es sehr unwahrscheinlich erscheint, dass sie vergessen werden, wenn sie erst einmal entdeckt wurden (Simons & Chabris, 1999). In unseren Studien haben wir ein Forschungsdesign verwendet, wie es in ähnlicher Form bereits in anderen Forschungsarbeiten erfolgreich umgesetzt wurde (Pitts et al., 2012; Schnuerch et al., 2016) und welches uns als die aktuell beste verfügbare Annäherung an die Beantwortung unserer Forschungsfrage erschien.

Das in fünf der acht Experimente genutzte Paradigma von Schnuerch und Kollegen (2016) ermöglicht es im Gegensatz zu klassischen Unaufmerksamkeitsparadigmen, den unerwarteten Reiz mehr als einmal darzubieten. Damit überwindet das Forschungsdesign eine Einschränkung traditioneller Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit, bei denen das unerwartete Objekt nur einmalig erscheint, bevor eine dichotome Abfrage in Form eines Berichts darüber erfolgt. Obwohl das in dieser Arbeit verwendete Paradigma eine mehrfache Präsentation des Reizes und damit auch die Untersuchung von Verhaltensmaßen wie Reaktionsgeschwindigkeiten oder Fehlerraten erlaubt, bleibt auch in diesem Paradigma die Einschränkung bestehen, dass nur einmalig nach dem unerwarteten Objekt gefragt werden kann, bevor es nicht mehr unerwartet ist. Die bewusste Wahrnehmung kann daher auch nur einmalig überprüft werden. Allerdings liegt der Fokus in den vorliegenden Studien auch nicht auf dieser dichotomen Antwort, sondern auf der vorbewussten Verarbeitung: Die andauernde Messung von Verhaltensmaßen wie Reaktionsgenauigkeit oder Reaktionsgeschwindigkeit ermöglicht es dadurch, Indizien für eine vorbewusste Wahrnehmung zu erhalten. Durch die mehrfache Darbietung weist das Design eine höhere Teststärke auf als

klassische Paradigmen, die eine einmalige dichotome Abfrage als einzige abhängige Variable nutzen.

Eine weitere Stärke des verwendeten Paradigmas besteht in der Möglichkeit, es für die Untersuchung verschiedener Mediatoren und Moderatoren flexibel anzupassen, beziehungsweise es um die Messung weiterer abhängiger Variablen zu erweitern. Beispielsweise wurden die unerwarteten Objekte, die im ursprünglichen Paradigma Zahlen darstellen, zur Beantwortung von Forschungsfrage Ic durch Wörter oder Symbole ersetzt und anschließend die Präferenz für diese Wörter abgefragt. Insgesamt weisen die Studien darauf hin, dass die Berücksichtigung des *Attentional Set*, beziehungsweise die Manipulation dieses im Sinne der zu verarbeitenden unerwarteten Objekte, zu einer stärkeren vorbewussten Verarbeitung und somit zu größeren Effekten auf das Verhalten führen könnte. Daher sollte das *Attentional Set* im Design zukünftiger Studien immer mit bedacht werden.

Unsere Befunde legen nahe, dass eine vorbewusste Verarbeitung stattfindet und dass diese vorbewusste Verarbeitung auch Verhalten in Form von Reaktionsgenauigkeit und Reaktionsgeschwindigkeit sowie Auswahlprozesse beeinflussen kann. Hingegen scheint die vorbewusste Verarbeitung nicht durch perzeptuelle Belastung moduliert zu sein und ist nicht stark genug, um Veränderungen subjektiver Präferenzen hervorzurufen. Nichtsdestotrotz ist das Wissen über die genaue Form der vorbewussten Verarbeitung unter Unaufmerksamkeit derzeit noch vorläufig. Es scheint sich um einen Prozess zu handeln, welcher nicht für verbale Berichterstattung zugänglich ist und in verschiedenen Ebenen jenseits dieser bewussten Wahrnehmung stattfindet. Weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich, um die Art dieser Verarbeitung und ihre bedingenden Faktoren eingehender zu untersuchen.

Auch wenn Reize nicht ins Bewusstsein gelangen, werden sie von unserem kognitiven System verarbeitet. Und diese Verarbeitung hinterlässt neuronale Spuren. Eine Möglichkeit, diese neuronale Spur zu untersuchen, sind EEG-Studien unter Verwendung ereigniskorrelierter Potentiale, da diese sich durch ihre besonders gute zeitliche Auflösung auszeichnen (Luck et al., 2000). Mit der Aufzeichnung ereigniskorrelierter Potenziale kann die neuronale Aktivierung sensorischer sowie motorischer Areale als Reaktion auf ein Signal (z. B. ein unerwartetes Objekt) überwacht werden. Erste Befunde aus diesem Bereich zeigen bereits, dass auch unentdeckte Objekte innerhalb eines Paradigmas zur Unaufmerksamkeitsblindheit neuronale

Verarbeitungsspuren hinterlassen (z. B. Pitts et al., 2012; Schelonka et al., 2017). Mit der Betrachtung von Reaktionszeiten in unseren Paradigmen wurde schon ein sensitiveres Maß für die Verarbeitung unerwarteter Reize im Vergleich zur dichotomen Abfrage in traditionellen Paradigmen der Unaufmerksamkeitsblindheit geschaffen. Durch die Verwendung von EEG-Signalen können neuronale Korrelate vorbewusster Wahrnehmung im Rahmen von Unaufmerksamkeit mit einer hohen zeitlichen Auflösung untersucht werden (Hutchinson, 2019). Im Rahmen von zukünftigen Forschungsprogrammen könnte eine Untersuchung vorbewusster Verarbeitungsprozesse unerwarteter Objekte unter Unaufmerksamkeit mittels EEG-Daten und unter Verwendung sensitiver Reaktions-Paradigmen weitere aufschlussreiche Erkenntnisse liefern.

Abschließend soll auf die Verankerung der Forschung in der Realität eingegangen werden: Forschung soll kein Selbstzweck sein, sondern sie soll dem Erkenntnisgewinn dienen. Und Erkenntnisse finden ihren Nutzen (wenn auch nicht ausschließlich) zumeist in der Anwendung. Zwischen den praktischen Anwendungsfeldern und den in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Erkenntnissen bleibt noch eine Reihe realitätsnäherer Forschungsarbeiten zu absolvieren, bevor konkrete praktische Maßnahmen abgeleitet werden können. Nichtsdestotrotz muss eine Hypothese immer aus theoretischen Überlegungen abgeleitet werden und sollte nicht beliebig sein. Die Aufstellung, Prüfung und Verfeinerung von Theorien ist und bleibt die Grundlage von Forschung. In diesem Sinne ist die vorliegende Arbeit in einigen Bereichen ein erster Schritt in Richtung einer soliden Grundlage für weitere Forschung. Alles in allem sollten Laborstudien jedoch eine Generalisierung ihrer Paradigmen hin zu mehr repräsentativen realen Situationen stärker in den Fokus nehmen, um nicht den Bezug zur Realität zu verlieren. Denn Forschung losgelöst von der Realität schafft nicht nur wenig nützliche Aussagen, sondern kann sogar Gefahr laufen, fundamentale Missverständnisse über menschliche Kognition und Verhalten hervorzurufen (siehe auch Kingstone et al., 2003).

4.4 Forschungsethische Überlegungen

Die Psychologie ist dafür bekannt, dass sie für einseitige Berichterstattung positiver Befunde anfällig ist (engl. *publication bias*; siehe z. B. Fanelli, 2010). Die dadurch entstehende Verzerrung der tatsächlichen Forschungslage in Form einer Überschätzung von tatsächlichen Effektgrößen wurde in jüngerer Zeit durch die geringe Reproduzierbarkeit bekannter und oft zitierter Befunde

untermauert (Open Science Collaboration, 2015). Die Verteilung der in der Psychologie zur Evaluierung von Effekten üblicherweise verwendeten p -Werte in den veröffentlichten Forschungsartikeln verdeutlicht eine enorme Überrepräsentation von p -Werten genau am unteren Ende der Signifikanzschwelle von $p < .05$ (Leggett et al., 2013). Dieses Muster entsteht mitunter durch das Zusammenspiel verschiedener Faktoren, angefangen bei der sukzessiven Erhöhung der Teststärke durch das Erheben von immer mehr Personen bis das gewünschte Signifikanzlevel erreicht ist, über das Eliminieren von Daten, die nicht der Hypothese entsprechen oder das inflationäre Durchführen so vieler Analysen, bis ein positiver Befund entdeckt wird (engl. ‚ p -hacking‘), bis hin zur Fälschung einzelner p -Werte (z. B. durch falsche Rundung). Ein Grund für den *Publication Bias* liegt mitunter in der verwendeten Methode selbst: Signifikanztests können nur Evidenzen gegen eine Nullhypothese, aber nicht zu ihren Gunsten liefern (z. B. Harms & Lakens, 2018). Die Generalisierbarkeit oder Nicht-Generalisierbarkeit der Forschungsergebnisse über verschiedene Stichproben hinweg mittels Replikation, stellt einen grundlegenden Baustein von Forschung dar – Evidenz für die Nullhypothese ist dabei nicht durch p -Werte abbildbar. Dieser Fakt impliziert, dass die Forschungsgemeinschaft andere Kriterien als signifikante p -Werte als Richtlinie für die Qualität von Forschung etablieren muss.

Als erster Schritt entgegen der Zentrierung auf p -Werte bietet sich die Verwendung von auch im Rahmen dieser Arbeit genutzten Effektgrößen und Konfidenzintervallen an (Cumming, 2014; Simmons et al., 2011). Sie sind nützlich, um die theoretische oder praktische Bedeutung von Effekten zu beurteilen (Fritz et al., 2012). Weiterhin existieren zur Untersuchung der Nullhypothese bereits aussagekräftigere Verfahren als Signifikanztests, wie beispielsweise die im Rahmen dieser Arbeit genutzte Bayes'sche Analyse. Die Betrachtung von Bayes-Faktoren ermöglicht es, die Nulleffekte durch die Quantifizierung der relativen Evidenz in den Daten für ein Nullmodell im Vergleich zu dem vorab aufgestellten Alternativmodell informativ zu untersuchen (z. B. Harms & Lakens, 2018). Die Nutzung dieser Verfahren ermöglichte es, die vorliegenden Nulleffekte aussagekräftiger zu interpretieren. Solche Verfahren können somit ein Teil einer Lösung für das bisherige Dilemma darstellen und die zwingend notwendige Ablösung von p -Werten in der Psychologie voranbringen (Dienes, 2014).

Abgesehen von der Auswertung der Daten ist die generelle Transparenz und Nachvollziehbarkeit empirischer Forschung eine Voraussetzung für echten Erkenntnisfortschritt.

Eine Vorregistrierung von Studien kann zur Transparenz beitragen, indem sie es ermöglicht, vor der Datenerhebung beispielsweise die Hypothesen sowie die anvisierten Analysen zur Beantwortung dieser Fragestellungen festzulegen. Weiterhin wird vorab entschieden, wie viele Personen zur Beantwortung der Fragestellung überhaupt getestet werden müssen. Auch werden klare Ausschlusskriterien für die erhobenen Versuchspersonen definiert. Durch eine unwiderrufliche Registrierung vor Beginn der Datenerhebung werden einige der oben genannten Manipulationsversuche (wie das Weitererheben bis zum Erreichen des gewünschten Signifikanzniveaus und das willkürliche Ausschließen von Versuchspersonen oder das Durchführen von endlosen Analysen) abgemildert. Zu diesem Zweck wurden Plattformen wie das *Open Science Framework* entwickelt, bei denen Forscher*innen ihre Projekte kostenfrei vorregistrieren können. Die Vorregistrierung von Studien erhöht somit die Glaubwürdigkeit der Forscher*innen, sich an forschungsethischen Grundsätzen orientiert zu haben. Um die Replikationskrise zu bewältigen reicht es jedoch nicht, dass einige Forscher*innen das Angebot nutzen; auch wissenschaftliche Zeitschriften müssen ihren Beitrag leisten und eine Vorregistrierung nicht nur als wünschenswert deklarieren, sondern zur Voraussetzung dafür machen, empirische Arbeiten zu publizieren.

Forschung geschieht im Interesse der Allgemeinheit und die Forschungsgemeinschaft hat die Pflicht, einen ethischen Weg einzuschlagen und diesen auch nachzuweisen. Zu diesem Weg gehört letzten Endes auch das Nutzbarmachen von Forschungsdaten. Dieser Schritt erlaubt anderen Forscher*innen das Durchführen zusätzlicher Analysen (wie die in Kapitel 2.2 durchgeführte Metaanalyse), die den Wissenstand in einem Forschungsfeld erweitern können. Um den geforderten Standards nachzukommen, wurden die im Rahmen dieser Dissertation durchgeführten Experimente im *Open Science Framework* präregistriert und im Anschluss um die erhobenen Daten ergänzt.

4.5 Schlussbemerkung

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien tragen zum grundlegenden Verständnis der Verarbeitungstiefe unentdeckter Reize im Rahmen von Unaufmerksamkeitsblindheit bei.

Während sich in der Vergangenheit viele Forschungsartikel mit den Einflussfaktoren auf das Auftreten des Phänomens der Unaufmerksamkeitsblindheit beschäftigen, leisten die vorliegenden

Studien einen Beitrag zum Verständnis der Verarbeitung von Reizen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle. Darüber hinaus erweitert die vorliegende Arbeit die Erkenntnisse über die, durch Affektmanipulation induzierte, visuell-räumliche Wahrnehmungsverzerrung und ihre Messung mit einfachen Verhaltensmaßen. Trotz erfolgreicher Affektmanipulation zeigt sich keine messbare räumliche Verzerrung. Zukünftige Forschungsbemühungen sollten sich aufbauend auf den grundlegenden Erkenntnissen gezielter auf den jeweiligen Anwendungskontext beziehen, sowohl was ihre Manipulation als auch was die Messinstrumente angeht, um sich so schrittweise an konkrete anwendungsrelevante Fragestellungen anzunähern.

Insgesamt erweitert die vorliegende Arbeit das Wissen über Verarbeitungsprozesse bei unbewusster Wahrnehmung und bereichert damit die Literatur zur Aufmerksamkeitsforschung. Es kann festgehalten werden, dass die Untersuchung und Messung vorbewusster Verarbeitungsprozesse eine Vielzahl neuer Erkenntnisse ermöglichen kann. Sowohl theoretische als auch praktische Implikationen der vorliegenden Befunde wurden diskutiert, und Wege für zukünftige Forschung skizziert.

5 Literatur

- Aimola Davies, A. M., Waterman, S., White, R. C., & Davies, M. (2013). When you fail to see what you were told to look for: Inattention blindness and task instructions. *Consciousness and Cognition, 22*(1), 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.11.015>
- Baars, B. J. (1997). Some Essential Differences between Consciousness and Attention, Perception, and Working Memory. *Consciousness and Cognition, 6*(2–3), 363–371. <https://doi.org/10.1006/ccog.1997.0307>
- Balcetis, E. (2016). Approach and Avoidance as Organizing Structures for Motivated Distance Perception. *Emotion Review, 8*(2), 115–128. <https://doi.org/10.1177/1754073915586225>
- Beck, D. M., & Kastner, S. (2009). Top-down and bottom-up mechanisms in biasing competition in the human brain. *Vision Research, 49*(10), 1154–1165. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2008.07.012>
- Becklen, R., & Cervone, D. (1983). Selective looking and the noticing of unexpected events. *Memory & Cognition, 11*(6), 601–608. <https://doi.org/10.3758/BF03198284>
- Block, N. (2005). Two neural correlates of consciousness. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(2), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.006>
- Bornstein, R. F. (1989). Exposure and Affect: Overview and Meta-Analysis of Research, 1968-1987. *Psychological Bulletin, 106*(2), 265–289. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.106.2.265>
- Bornstein, R. F., & D'Agostino, P. R. (1992). Stimulus recognition and the mere exposure effect. *Journal of Personality and Social Psychology, 63*(4), 545–552. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.63.4.545>
- Bornstein, R. F., Leone, D. R., & Galley, D. J. (1987). The Generalizability of Subliminal Mere Exposure Effects: Influence of Stimuli Perceived Without Awareness on Social Behavior. *Journal of Personality and Social Psychology, 53*(6), 1070–1079. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.53.6.1070>
- Bosel, C. P. A. R. (1998). Modulation of the Spatial Extent of the Attentional Focus in High-level Volleyball Players. *European Journal of Cognitive Psychology, 10*(3), 247–267. <https://doi.org/10.1080/713752275>
- Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia, 18*(4–5), 491–498. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(80\)90151-7](https://doi.org/10.1016/0028-3932(80)90151-7)

- Bredemeier, K., & Simons, D. J. (2012). Working memory and inattention blindness. *Psychonomic Bulletin & Review*, *19*(2), 239–244. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0204-8>
- Bressan, P., & Pizzighello, S. (2008). The attentional cost of inattention blindness. *Cognition*, *106*(1), 370–383. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.001>
- Bridewell, W., & Bello, P. F. (2016). A theory of attention for cognitive systems. *Advances in Cognitive Systems*, *4*, 1–16.
- Calvillo, D. P., & Jackson, R. E. (2014). Animacy, perceptual load, and inattention blindness. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*(3), 670–675. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0543-8>
- Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G., & Gabrieli, J. D. E. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI: *NeuroReport*, *9*(14), 3233–3239. <https://doi.org/10.1097/00001756-199810050-00019>
- Cartwright-Finch, U., & Lavie, N. (2007). The role of perceptual load in inattention blindness. *Cognition*, *102*(3), 321–340. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.002>
- Cattaneo, Z., Lega, C., Boehringer, J., Gallucci, M., Girelli, L., & Carbon, C.-C. (2014). Happiness takes you right: The effect of emotional stimuli on line bisection. *Cognition and Emotion*, *28*(2), 325–344. <https://doi.org/10.1080/02699931.2013.824871>
- Chabris, C. F., Weinberger, A., Fontaine, M., & Simons, D. J. (2011). You Do Not Talk about Fight Club if You Do Not Notice Fight Club: Inattention Blindness for a Simulated Real-World Assault. *I-Perception*, *2*(2), 150–153. <https://doi.org/10.1068/i0436>
- Chatterjee, A., Mennemeier, M., & Heilman, K. M. (1992). Search patterns and neglect: A case study. *Neuropsychologia*, *30*(7), 657–672. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90070-3](https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90070-3)
- Cheng, K., Yang, K., Qin, L., Zhuo, Y., & Yan, H. (2019). Perceptual load modulates contour integration in conscious and unconscious states. *PeerJ*, *7*, e7550. <https://doi.org/10.7717/peerj.7550>
- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A Taxonomy of External and Internal Attention. *Annual Review of Psychology*, *62*(1), 73–101. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.100427>

- Cohen, M. A., Nakayama, K., Konkle, T., Stantić, M., & Alvarez, G. A. (2015). Visual Awareness Is Limited by the Representational Architecture of the Visual System. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *27*(11), 2240–2252. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00855
- Cumming, G. (2014). The New Statistics: Why and How. *Psychological Science*, *25*(1), 7–29. <https://doi.org/10.1177/0956797613504966>
- Dehaene, S., Changeux, J.-P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: A testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(5), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.03.007>
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., van de Moortele, P.-F., & Le Bihan, D. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, *395*(6702), 597–600. <https://doi.org/10.1038/26967>
- Dienes, Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00781>
- Drew, T., Vö, M. L.-H., & Wolfe, J. M. (2013). The Invisible Gorilla Strikes Again: Sustained Inattentive Blindness in Expert Observers. *Psychological Science*, *24*(9), 1848–1853. <https://doi.org/10.1177/0956797613479386>
- Duncan, J. (1984). Selective Attention and the Organization of Visual Information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*(4), 501–517. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.4.501>
- Eerland, A., Guadalupe, T. M., Franken, I. H. A., & Zwaan, R. A. (2012). Posture as Index for Approach-Avoidance Behavior. *PLoS ONE*, *7*(2), e31291. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031291>
- Fanelli, D. (2010). “Positive” Results Increase Down the Hierarchy of the Sciences. *PLoS ONE*, *5*(4), e10068. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010068>
- Fang, X., Singh, S., & Ahluwalia, R. (2007). An Examination of Different Explanations for the Mere Exposure Effect. *Journal of Consumer Research*, *34*(1), 97–103. <https://doi.org/10.1086/513050>
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*(4), 1030–1044. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.4.1030>

- Forte, K. A. (2016). *The Impact of Expertise in Archery on the Attentional Biases of Perceptual and Representational Pseudoneglect*. (Doctoral dissertation). National University of Ireland Maynooth.
- Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition & Emotion*, *19*(3), 313–332. <https://doi.org/10.1080/02699930441000238>
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *141*(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Fujii, T., Fukatsu, R., Yamadori, A., & Kimura, I. (1995). Effect of age on the line bisection test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *17*(6), 941–944. <https://doi.org/10.1080/01688639508402443>
- Furley, P., Memmert, D., & Heller, C. (2010). The dark side of visual awareness in sport: Inattention blindness in a real-world basketball task. *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*(5), 1327–1337. <https://doi.org/10.3758/APP.72.5.1327>
- Furley, P., Memmert, D., & Schmid, S. (2013). Perceptual load in sport and the heuristic value of the perceptual load paradigm in examining expertise-related perceptual-cognitive adaptations. *Cognitive Processing*, *14*(1), 31–42. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0529-x>
- Gable, P. A., & Poole, B. D. (2014). Influence of trait behavioral inhibition and behavioral approach motivation systems on the LPP and frontal asymmetry to anger pictures. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *9*(2), 182–190. <https://doi.org/10.1093/scan/nss130>
- Gasper, K., & Middlewood, B. L. (2014). Approaching novel thoughts: Understanding why elation and boredom promote associative thought more than distress and relaxation. *Journal of Experimental Social Psychology*, *52*, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2013.12.007>
- Gibbons, H., Seib-Pfeifer, L.-E., Koppehele-Gossel, J., & Schnuerch, R. (2018). Affective priming and cognitive load: Event-related potentials suggest an interplay of implicit affect misattribution and strategic inhibition. *Psychophysiology*, *55*(4), e13009. <https://doi.org/10.1111/psyp.13009>

- Giraudet, L., St-Louis, M.-E., Scannella, S., & Causse, M. (2015). P300 Event-Related Potential as an Indicator of Inattentive Deafness? *PLOS ONE*, *10*(2), e0118556. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118556>
- Goldstein, E. B., & Brockmole, J. (2016). *Sensation and perception*. Cengage Learning.
- Haines, R. F. (1991). A Breakdown in Simultaneous Information Processing. In G. Obrecht & L. W. Stark (Eds.), *Presbyopia Research: From molecular biology to visual adaptation* (pp. 171–175). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2131-7_17
- Hansen, J., & Wänke, M. (2009). Liking What's Familiar: The Importance of Unconscious Familiarity in the Mere-Exposure Effect. *Social Cognition*, *27*(2), 161–182. <https://doi.org/10.1521/soco.2009.27.2.161>
- Harmon-Jones, E. (2003). Clarifying the emotive functions of asymmetrical frontal cortical activity. *Psychophysiology*, *40*(6), 838–848. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00121>
- Harms, C., & Lakens, D. (2018). Making 'null effects' informative: Statistical techniques and inferential frameworks. *Journal of Clinical and Translational Research*, *3*(2), 382–393. <https://doi.org/10.18053/jctres.03.2017S2.007>
- Hausmann, M., Hodgetts, S., & Eerola, T. (2016). Music-induced changes in functional cerebral asymmetries. *Brain and Cognition*, *104*, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.03.001>
- Hofmann, W., De Houwer, J., Perugini, M., Baeyens, F., & Crombez, G. (2010). Evaluative conditioning in humans: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *136*(3), 390–421. <https://doi.org/10.1037/a0018916>
- Huang, Y.-F., & Hsieh, P.-J. (2013). The mere exposure effect is modulated by selective attention but not visual awareness. *Vision Research*, *91*, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2013.07.017>
- Hughes-Hallett, A., Mayer, E. K., Marcus, H. J., Pratt, P., Mason, S., Darzi, A. W., & Vale, J. A. (2015). Inattention blindness in surgery. *Surgical Endoscopy*, *29*(11), 3184–3189. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-4051-3>
- Hutchinson, B. T. (2019). Toward a theory of consciousness: A review of the neural correlates of inattentive blindness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *104*, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.06.003>

- Hüttermann, S., & Memmert, D. (2014). Does the inverted-U function disappear in expert athletes? An analysis of the attentional behavior under physical exercise of athletes and non-athletes. *Physiology & Behavior*, *131*, 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.04.020>
- Hüttermann, S., & Memmert, D. (2015). The influence of motivational and mood states on visual attention: A quantification of systematic differences and casual changes in subjects' focus of attention. *Cognition and Emotion*, *29*(3), 471–483. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.920767>
- Janiszewski, C. (1990). The influence of print advertisement organization on affect toward a brand name. *Journal of Consumer Research*, *17*(1), 53–65. <https://doi.org/10.1086/208536>
- Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, *38*(1), 93–110. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00045-7)
- Jiang, Y., & Leung, A. W. (2005). Implicit learning of ignored visual context. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*(1), 100–106. <https://doi.org/10.3758/BF03196353>
- Kennedy, K. D., & Bliss, J. P. (2013). Inattentional Blindness in a Simulated Driving Task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *57*(1), 1899–1903. <https://doi.org/10.1177/1541931213571423>
- Kiefer, M., & Brendel, D. (2006). Attentional Modulation of Unconscious “Automatic” Processes: Evidence from Event-related Potentials in a Masked Priming Paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(2), 184–198. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.2.184>
- Kingstone, A., Smilek, D., Ristic, J., Kelland Friesen, C., & Eastwood, J. D. (2003). Attention, Researchers! It Is Time to Take a Look at the Real World. *Current Directions in Psychological Science*, *12*(5), 176–180. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.01255>
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, *33*, 193–201. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(70\)90132-0](https://doi.org/10.1016/0001-6918(70)90132-0)
- Koch, C., & Tsuchiya, N. (2007). Attention and consciousness: Two distinct brain processes. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.10.012>
- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2007). How Meaning Shapes Seeing. *Psychological Science*, *18*(10), 845–849. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01989.x>

- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2009). The effects of perceptual load on semantic processing under inattention. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(5), 864–868. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.5.864>
- Kreitz, C., Furley, P., & Memmert, D. (2016). Inattention blindness is influenced by exposure time not motion speed. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*(3), 495–505. <https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1055771>
- Kreitz, C., Furley, P., Memmert, D., & Simons, D. J. (2015). Inattention Blindness and Individual Differences in Cognitive Abilities. *PLOS ONE*, *10*(8), e0134675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134675>
- Kreitz, C., Furley, P., Memmert, D., & Simons, D. J. (2016). The Influence of Attention Set, Working Memory Capacity, and Expectations on Inattention Blindness. *Perception*, *45*(4), 386–399. <https://doi.org/10.1177/0301006615614465>
- Kreitz, C., Schnuerch, R., Furley, P., Gibbons, H., & Memmert, D. (2015). Does semantic preactivation reduce inattention blindness? *Attention, Perception, & Psychophysics*, *77*(3), 759–767. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0819-8>
- Kreitz, C., Schnuerch, R., Gibbons, H., & Memmert, D. (2015). Some See It, Some Don't: Exploring the Relation between Inattention Blindness and Personality Factors. *PLOS ONE*, *10*(5), e0128158. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128158>
- Kunst-Wilson, W., & Zajonc, R. B. (1980). Affective discrimination of stimuli that cannot be recognized. *Science*, *207*(4430), 557–558. <https://doi.org/10.1126/science.7352271>
- Lamy, D., Segal, H., & Ruderman, L. (2006). Grouping does not require attention. *Perception & Psychophysics*, *68*(1), 17–31. <https://doi.org/10.3758/BF03193652>
- Lathrop, W. B., Bridgeman, B., & Tseng, P. (2011). Perception in the Absence of Attention: Perceptual Processing in the Roelofs Effect during Inattention Blindness. *Perception*, *40*(9), 1104–1119. <https://doi.org/10.1068/p6859>
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(3), 451–468. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.3.451>
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(2), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.004>

- Lavie, N., Beck, D. M., & Konstantinou, N. (2014). Blinded by the load: Attention, awareness and the role of perceptual load. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *369*(1641). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0205>
- Lavie, N., & Fox, E. (2000). The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*(3), 1038–1052. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.26.3.1038>
- Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load Theory of Selective Attention and Cognitive Control. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(3), 339–354. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.339>
- Leggett, N. C., Thomas, N. A., Loetscher, T., & Nicholls, M. E. R. (2013). The Life of p: “Just Significant” Results are on the Rise. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *66*(12), 2303–2309. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.863371>
- Leggett, N. C., Thomas, N. A., & Nicholls, M. E. R. (2016). End of the line: Line bisection, an unreliable measure of approach and avoidance motivation. *Cognition and Emotion*, *30*(6), 1164–1179. <https://doi.org/10.1080/02699931.2015.1053842>
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 432–440. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01545-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01545-X)
- Mack, A., Pappas, Z., Silverman, M., & Gay, R. (2002). What we see: Inattention and the capture of attention by meaning. *Consciousness and Cognition*, *11*(4), 488–506. [https://doi.org/10.1016/S1053-8100\(02\)00028-4](https://doi.org/10.1016/S1053-8100(02)00028-4)
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. MIT Press.
- McGregor, I., Nash, K., Mann, N., & Phills, C. E. (2010). Anxious uncertainty and reactive approach motivation (RAM). *Journal of Personality and Social Psychology*, *99*(1), 133–147. <https://doi.org/10.1037/a0019701>
- Memmert, D. (2006). The effects of eye movements, age, and expertise on inattention blindness. *Consciousness and Cognition*, *15*(3), 620–627. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.01.001>

- Memmert, D., & Furley, P. (2007). "I Spy with My Little Eye!": Breadth of Attention, Inattentional Blindness, and Tactical Decision Making in Team Sports. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(3), 365–381. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.3.365>
- Memmert, D., Simons, D. J., & Grimme, T. (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise, 10*(1), 146–151. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2008.06.002>
- Merikle, P. (2001). Perception without awareness: Perspectives from cognitive psychology. *Cognition, 79*(1–2), 115–134. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00126-8](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00126-8)
- Milner, A. D., Brechmann, M., & Pagliarini, L. (1992). To halve and to halve not: An analysis of line bisection judgements in normal subjects. *Neuropsychologia, 30*(6), 515–526. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90055-Q](https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90055-Q)
- Montoya, R. M., Horton, R. S., Vevea, J. L., Citkowicz, M., & Lauber, E. A. (2017). A re-examination of the mere exposure effect: The influence of repeated exposure on recognition, familiarity, and liking. *Psychological Bulletin, 143*(5), 459–498. <https://doi.org/10.1037/bul0000085>
- Moore, C. M., & Egeth, H. (1997). Perception without attention: Evidence of grouping under conditions of inattention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23*(2), 339–352. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.23.2.339>
- Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., & Chabris, C. F. (2000). Sustained Inattentional Blindness: *Psyche, 6*(14).
- Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., Jimenez, R., Clifford, E., & Chabris, C. F. (2001). How not to be Seen: The Contribution of Similarity and Selective Ignoring to Sustained Inattentional Blindness. *Psychological Science, 12*(1), 9–17. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00303>
- Murphy, G., & Greene, C. M. (2016). Perceptual Load Induces Inattentional Blindness in Drivers: Load-induced inattentional blindness. *Applied Cognitive Psychology, 30*(3), 479–483. <https://doi.org/10.1002/acp.3216>
- Murphy, G., & Greene, C. M. (2017). Load theory behind the wheel; perceptual and cognitive load effects. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale, 71*(3), 191–202. <https://doi.org/10.1037/cep0000107>

- Murphy, S. T., & Zajonc, R. B. (1993). *Affect, Cognition, and Awareness: Affective Priming With Optimal and Suboptimal Stimulus Exposures*. *64*(5), 723–739. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.64.5.723>
- Naccache, L., Blandin, E., & Dehaene, S. (2002). Unconscious Masked Priming Depends on Temporal Attention. *Psychological Science*, *13*(5), 416–424. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00474>
- Nash, K., McGregor, I., & Inzlicht, M. (2010). Line bisection as a neural marker of approach motivation. *Psychophysiology*, *47*(5), 979–983. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.00999.x>
- Newby, E. A., & Rock, I. (1998). Inattentional Blindness as a Function of Proximity to the Focus of Attention. *Perception*, *27*(9), 1025–1040. <https://doi.org/10.1068/p271025>
- Nicholls, M. E. R., Loetscher, T., & Rademacher, M. (2010). Miss to the Right: The Effect of Attentional Asymmetries on Goal-Kicking. *PLoS ONE*, *5*(8), e12363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012363>
- Nobre, A. C. (2001). Orienting attention to instants in time. *Neuropsychologia*, *39*(12), 1317–1328. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00120-8)
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, *349*(6251), aac4716–aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>
- Pazzona, R., Guicciardi, M., & Murgia, M. (2018). La cecità da disattenzione negli arbitri di calcio. *Medicina Dello Sport*, *71*(2). <https://doi.org/10.23736/S0025-7826.18.03209-X>
- Pitts, M. A., Martínez, A., & Hillyard, S. A. (2012). Visual Processing of Contour Patterns under Conditions of Inattentional Blindness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*(2), 287–303. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00111
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3–25. <https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M. I., & Driver, J. (1992). The neurobiology of selective attention. *Current Opinion in Neurobiology*, *2*(2), 165–169. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(92\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0959-4388(92)90006-7)
- Price, J., & Wolfers, J. (2014). Right-Oriented Bias: A Comment on Roskes, Sligte, Shalvi, and De Dreu (2011). *Psychological Science*, *25*(11), 2109–2111. <https://doi.org/10.1177/0956797614536738>

- Raveh, D., & Lavie, N. (2015). Load-induced inattentional deafness. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *77*(2), 483–492. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0776-2>
- Redlich, D., Schnuerch, R., Memmert, D., & Kreitz, C. (2019). Dollars do not determine detection: Monetary value associated with unexpected objects does not affect the likelihood of inattentional blindness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 174702181983514. <https://doi.org/10.1177/1747021819835148>
- Roberts, R., & Turnbull, O. H. (2010). Putts that get missed on the right: Investigating lateralized attentional biases and the nature of putting errors in golf. *Journal of Sports Sciences*, *28*(4), 369–374. <https://doi.org/10.1080/02640410903536467>
- Roskes, M., Sligte, D., Shalvi, S., & De Dreu, C. K. W. (2011). The Right Side? Under Time Pressure, Approach Motivation Leads to Right-Oriented Bias. *Psychological Science*, *22*(11), 1403–1407. <https://doi.org/10.1177/0956797611418677>
- Royston, P., Altman, D. G., & Sauerbrei, W. (2006). Dichotomizing continuous predictors in multiple regression: A bad idea. *Statistics in Medicine*, *25*(1), 127–141. <https://doi.org/10.1002/sim.2331>
- Schelonka, K., Graulty, C., Canseco-Gonzalez, E., & Pitts, M. A. (2017). ERP signatures of conscious and unconscious word and letter perception in an inattentional blindness paradigm. *Consciousness and Cognition*, *54*, 56–71. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.04.009>
- Schmidt, L. A., & Trainor, L. J. (2001). Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion*, *15*(4), 487–500. <https://doi.org/10.1080/0269993004200187>
- Schnuerch, R., Kreitz, C., Gibbons, H., & Memmert, D. (2016). Not quite so blind: Semantic processing despite inattentional blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *42*(4), 459–463. <https://doi.org/10.1037/xhp0000205>
- Seamon, J. G., Brody, N., & Kauff, D. M. (1983). Affective Discrimination of Stimuli That Are Not Recognized: Effects of Shadowing, Masking, and Cerebral Laterality. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *9*(3), 544–555. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.9.3.544>
- Seamon, J. G., Marsh, R. L., & Brody, N. (1984). Critical Importance of Exposure Duration for Affective Discrimination of Stimuli That Are Not Recognized. *Journal of Experimental*

- Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(3), 465–469.
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.10.3.465>
- Seegmiller, J. K., Watson, J. M., & Strayer, D. L. (2011). Individual differences in susceptibility to inattention blindness. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(3), 785–791. <https://doi.org/10.1037/a0022474>
- Shafto, J. P., & Pitts, M. A. (2015). Neural Signatures of Conscious Face Perception in an Inattention Blindness Paradigm. *Journal of Neuroscience*, 35(31), 10940–10948. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0145-15.2015>
- Shapiro, K. L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1997). The attentional blink. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(8), 291–296. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(97\)01094-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01094-2)
- Simmons, J. P., Nelson, L. D., & Simonsohn, U. (2011). False-Positive Psychology: Undisclosed Flexibility in Data Collection and Analysis Allows Presenting Anything as Significant. *Psychological Science*, 22(11), 1359–1366. <https://doi.org/10.1177/0956797611417632>
- Simons, D. J., & Ambinder, M. S. (2005). Change Blindness: Theory and Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 14(1), 44–48. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00332.x>
- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059–1074. <https://doi.org/10.1068/p281059>
- Simons, D. J., & Jensen, M. S. (2009). The effects of individual differences and task difficulty on inattention blindness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 398–403. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.2.398>
- Sinnett, S., Costa, A., & Soto-Faraco, S. (2006). Manipulating inattention blindness within and across sensory modalities. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(8), 1425–1442. <https://doi.org/10.1080/17470210500298948>
- Spielberg, J. M., Heller, W., & Miller, G. A. (2013). Hierarchical Brain Networks Active in Approach and Avoidance Goal Pursuit. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 284. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00284>
- Spitz, J., Put, K., Wagemans, J., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2016). Visual search behaviors of association football referees during assessment of foul play situations. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0013-8>

- Suh, J., & Abrams, R. A. (2018). Action influences unconscious visual processing. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*(6), 1599–1608. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1509-8>
- Sutton, S. K., & Davidson, R. J. (1997). Prefrontal Brain Asymmetry: A Biological Substrate of the Behavioral Approach and Inhibition Systems. *Psychological Science*, *8*(3), 204–210. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00413.x>
- Westermann, R., Spies, K., Stahl, G., & Hesse, F. W. (1996). Relative effectiveness and validity of mood induction procedures: A meta-analysis. *European Journal of Social Psychology*, *26*(4), 557–580. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0992\(199607\)26:4<557::AID-EJSP769>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0992(199607)26:4<557::AID-EJSP769>3.0.CO;2-4)
- White, R. C., & Davies, A. A. (2008). Attention set for number: Expectation and perceptual load in inattentive blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*(5), 1092–1107. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1092>
- Wolfe, J. M. (1999). Inattentive amnesia. In V. Coltheart (Ed.), *Fleeting Memories: Cognition of Brief Visual Stimuli* (pp. 71–94). MA, MIT Press.
- Wood, K., & Simons, D. J. (2019). Processing without noticing in inattentive blindness: A replication of Moore and Egeth (1997) and Mack and Rock (1998). *Attention, Perception, & Psychophysics*, *81*(1), 1–11. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1629-1>
- Yagi, Y., Ikoma, S., & Kikuchi, T. (2009). Attentional modulation of the mere exposure effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*(6), 1403–1410. <https://doi.org/10.1037/a0017396>
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, *9*(2, Pt.2), 1–27. <https://doi.org/10.1037/h0025848>
- Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences Need No Inferences. *American Psychologist*, *35*(2), 151–175. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.35.2.151>

6 Appendix

Die im folgenden aufgeführten Artikel, sind die im Rahmen der Dissertation veröffentlichten Forschungsartikel in internationalen Fachzeitschriften.

Appendix I: Publikation I

Guessing Right: Preconscious Processing in Inattentional Blindness

Much research has been conducted on the determinants of inattentional blindness – the failure to miss an unexpected but salient stimulus in plain view. Far less research has been concerned with the fate of those objects that go unnoticed in such a setting. The available evidence suggests that objects that are not consciously noticed due to inattentional blindness are still processed to a certain degree. The present study substantiated and generalised this limited evidence by reanalysing 16 datasets in regard to participants' guessing accuracy in multiple-choice questions concerning the unexpected object: Participants who did not notice the critical object showed guessing accuracy that lay significantly above chance. Thus, stimuli that are not consciously noticed (i.e., cannot be reported) can nevertheless exert an influence on seemingly random choices. Modality of the primary task as well as performance in the primary task and in a divided-attention trial were evaluated as potential moderators. Methodological limitations such as the design and implementation of the multiple-choice questions and the generalisability of our findings are discussed, and promises of the present approach for future studies are presented.

Keywords: inattentional blindness, preconscious processing, crossmodal, meta-analysis, quantitative research synthesis

Referenz

Kreitz, C.*, Pugnaghi G.*, & Memmert, D. (2020). Guessing Right: Preconscious Processing in Inattentional Blindness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(7), 1055-1065. <https://doi.org/10.1177/1747021820911324>

*shared first authorship

Appendix II: Publikation II

Loads of unconscious processing: The role of perceptual load in processing unattended stimuli during inattentional blindness

Inattentional blindness describes the failure to detect an unexpected but clearly visible object when our attention is engaged elsewhere. While the factors that determine the occurrence of inattentional blindness are already well understood, there is still a lot to learn about whether and how we process unexpected objects that go unnoticed. Only recently it was shown that although not consciously aware, characteristics of these stimuli can interfere with a primary task: Classification of to-be attended stimuli was slower when the content of the task-irrelevant, undetected stimulus contradicted that of the attended, to-be-judged stimuli. According to Lavie's Perceptual Load Model irrelevant stimuli are likely to reach awareness under conditions of low perceptual load, while they remain undetected under high load as attentional resources are restricted to the content of focused attention. In the present study we investigated the applicability of Lavie's predictions for the processing of stimuli that remain unconscious due to inattentional blindness. In two experiments, we replicated that unconsciously processed stimuli can interfere with intended responses. Also, our manipulation of perceptual load did have an effect on primary task performance. However, against our hypothesis, these effects did not interact with each other. Thus, our results suggest that high perceptual load cannot prevent task-irrelevant stimuli that remain undetected from being processed to an extent that enables them to affect performance in a primary task.

Keywords: inattentional blindness; unconscious processing; attention; Perceptual Load Model; interference

Referenz

Pugnaghi, G., Memmert, D., & Kreitz, C. (2020). Loads of unconscious processing: The role of perceptual load in processing unexpected stimuli during inattentional blindness. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82, 2641-2651. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-01982-8>

Appendix III: Publikation III

Examining effects of preconscious mere exposure: an inattentional blindness approach

An increase in affective preference for stimuli, which a person has been repeatedly exposed to, is known as mere exposure effect. This effect has been shown for stimuli that are processed subliminally, that is, below the threshold of awareness. This study fills a current research gap by investigating mere exposure effects under processing that is preconscious, which follows from a high stimulus strength but absence of top-down amplification. In three experiments (N = 240 in total) preconscious processing was evoked using an inattentional blindness paradigm, which allowed the processing of stimuli (nonwords or Chinese symbols) under complete inattention. Contrary to our hypothesis, we did not find a mere exposure effect in our experiments. We expand the current state of knowledge by discussing the distractor devaluation effect and the attentional set of participants as possible reasons for the absence of the mere exposure effect. Directions for future investigations are outlined.

Keywords: mere exposure; inattentional blindness; unconscious guidance; preconscious processing; familiarity; preference

Referenz

Pugnaghi, G., Memmert, D., & Kreitz, C. (2019). Examining effects of preconscious mere exposure: An inattentional blindness approach. *Consciousness and Cognition*, 75, 102825. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.102825>

Appendix IV: Publikation IV

The other end of the line: Motivational direction is not associated with line-bisection bias

The two hemispheres of the human brain are asymmetrically involved in the representation of a person's motivational orientation. Approach motivation is reflected in greater activation of the left hemisphere, whereas avoidance motivation more strongly activates the right hemisphere. Visuospatial bias, as assessed in the line bisection task, is often used as a simple behavioral measure of relative hemispheric activation. In three experiments, we investigated whether affect-induced approach and avoidance motivation are associated with spatial biases in line-bisection performance. Happy or terrifying pictures (Experiment 1, $N = 70$), happy or sad music (Experiment 2, $N = 50$), and joyful or frightening videos (Experiment 3, $N = 90$) were used to induce negative and positive affect. Mood-induction procedures successfully changed emotional states in the intended direction. However, our analyses revealed no effect of mood on visuospatial biases in the line bisection task. Additional Bayesian analyses also provided more evidence against the hypothesized effect than in favor of it. Thus, visuospatial bias in line bisection does not seem to be a sensitive measure of approach and avoidance motivation induced by positive and negative affect.

Keywords: approach-avoidance motivation; emotion; line bisection; visuospatial bias; hemispheric asymmetry

Referenz

Pugnaghi, G., Schnuerch, R., Gibbons, H., Memmert, D., & Kreitz, C. (2020). The Other End of the Line: Motivational Direction is Not Associated with Line-Bisection Bias. *Swiss Journal of Psychology*, 79(1), 5-14. <https://doi.org/10.1024/1421-0185/a000231>

Appendix V

Giulia Pugnaghi

Berufserfahrung

*25.10.1992 in Troisdorf

seit 05/2020	<i>Referentin im Bereich Statistik und Evaluation</i> Studienstiftung des deutschen Volkes e.V.
06/2017-03/2020	<i>Wissenschaftliche Mitarbeiterin</i> Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik Deutsche Sporthochschule Köln
09/2012-02/2017	<i>Studentische/Wissenschaftliche Hilfskraft für Evaluation</i> Zentrum für Evaluation und Methoden der Universität Bonn
11/2015-03/2016	<i>Forschungspraktikantin in der Differentiellen Psychologie</i> Goldsmiths College, University of London, UK
05/2015-10/2015	<i>Studentische Hilfskraft im EEG-Labor</i> Psychologisches Institut, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
02/2014-04/2014	<i>Praktikantin in der Unternehmensberatung</i> ITB Consulting GmbH, Bonn
10/2013-04/2014	<i>Tutorin im Fach Testtheorie</i> Psychologisches Institut, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Ausbildung

06/2017-03/2020	<i>Promotionsstudentin der Psychologie</i> Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik Deutsche Sporthochschule Köln
10/2014-02/2017	<i>Master of Science in Psychologie</i> Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn Note: 1.0 / Note Abschlussarbeit: 1.15
10/2011-09/2014	<i>Bachelor of Science in Psychologie</i> Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn Note: 1.1 / Note Abschlussarbeit: 1.0
07/2011	<i>Abitur an der Christophorusschule Königswinter</i> Note: 1.3